



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑨⑦ EP 0 832 768 B 1

⑩ DE 697 14 930 T 2

⑤① Int. Cl. 7:  
B 60 C 23/06

- ②① Deutsches Aktenzeichen: 697 14 930.7  
⑨⑧ Europäisches Aktenzeichen: 97 116 807.5  
⑨⑥ Europäischer Anmeldetag: 26. 9. 1997  
⑨⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 1. 4. 1998  
⑨⑦ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 28. 8. 2002  
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 28. 5. 2003

③⑩ Unionspriorität:

27746996 26. 09. 1996 JP  
30134496 25. 10. 1996 JP

⑦③ Patentinhaber:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP; Nippon Soken, Inc.,  
Nishio, Aichi, JP

⑦④ Vertreter:

WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,  
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

⑦② Erfinder:

Tominaga, Motonori, Nishio-city, Aichi-pref., JP;  
Inoue, Yuuichi, Kariya-city, Aichi-pref. 448, JP;  
Tomiita, Kenji, Kariya-city, Aichi-pref. 448, JP;  
Fukada, Shinjiro, Kariya-city, Aichi-pref. 448, JP;  
Nishikawa, Yoshihiro, Kakogawa-city, Hyogo-pref.,  
JP; Umeno, Takaji, Aichi-gun, Aichi-ken, 480-11, JP;  
Ohashi, Hideki, Toyota-shi, Aichi-ken, 471, JP

⑤④ Vorrichtung zur Reifendruckererkennung

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 697 14 930 T 2

DE 697 14 930 T 2

## Beschreibung

### HINTERGRUND DER ERFINDUNG

5

#### 1. Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung für das Erfassen eines Zustandes des Reifenluftdrucks, wie z.B. eine  
10 Reifenpanne oder dergleichen, bei einem Fahrzeug.

#### 2. Beschreibung des Standes der Technik

Als eine Vorrichtung zum Erfassen eines Luftdrucks in einem Fahrzeugreifen, ist eine Vorrichtung für das  
15 direkte Erfassen des Luftdruckes eines Reifens im Stand der Technik bekannt, indem man den Luftdruckzustand des Reifens überwacht, wenn man ein Fahrzeug betreibt, und einen Fahrer über die Abnormalität des Reifens informiert, wie z.B. einen platten Reifen oder  
20 dergleichen. Bekannt ist im Stand der Technik auch eine Vorrichtung zur Verwendung der Resonanzfrequenz eines Reifens, indem man eine Korrelation zwischen dem Luftdruck eines Reifens und der Resonanzfrequenz eines Reifens beachtet, wie in der Reifenluft-  
25 druckerfassungsvorrichtung, beschrieben in der japanischen Patentanmeldung Offenlegungsnummer Hei-5-133831, offengelegt. Gemäß diesem System, wird ein Spektrum von Schwingungskomponenten (vgl. FIG. 14) der Raddrehzahl durch schnelle Fourier Transformation (FFT)  
30 der Raddrehzahl bereitgestellt, durch die die Resonanzfrequenz des Reifens erfasst wird, und, wie in FIG. 15 gezeigt, wenn die Resonanzfrequenz niedriger wird als ein vorbestimmter Wert, wird bestimmt, dass Luftaustritt, wie z.B. eine Reifenpanne oder dergleichen  
35 im Reifen vorgekommen ist, und ein Alarm wird gegeben.

Ferner legt die japanische Patentanmeldung Offenlegungs-  
legungs-  
nr. 63-305011 ein Verfahren mit reduzierter  
Druckerfassung offen, in dem der Reifenluftdruckzustand  
(Auftreten einer Reifenpanne oder dergleichen) nicht  
5 durch absolute Bewertung zum Erfassen des  
Reifenluftdruckes basierend auf der Resonanzfrequenz  
erfasst wird, wie in dem ersten konventionellen Beispiel,  
sondern indirekt. Entsprechend dem Verfahren, einen  
Fahrzeugreifen mit verringertem Druck zu erfassen, werden  
10 die Winkelgeschwindigkeiten der vier Rädern erfasst, die  
Summen der Winkelgeschwindigkeiten zweier Sätze von  
Rädern, die auf den diagonalen Linien angeordnet sind,  
werden jeweils berechnet, und wenn ein Unterschied  
zwischen den Summen innerhalb eines vorbestimmten Wertes  
15 ist, werden die Winkelgeschwindigkeiten der jeweiligen  
Räder mit einem Durchschnittswert der  
Winkelgeschwindigkeiten der vier Räder verglichen,  
wodurch eine Verringerung des Luftdrucks berechnet wird.

20 Weiter wird entsprechend dem Verfahren zum Erfassen  
eines Fahrzeugreifens mit verringertem Druck, beschrieben  
in der Japanisch Patentanmeldung Offenlegungs-  
nr. 63-305011, der Tatsache Aufmerksamkeit geschenkt, dass, wenn  
der Luftdruck von einem der an den Rädern befestigten  
25 Reifen niedriger geworden ist, und der Rotationsradius  
des Rades verringert ist, die Raddrehzahl erhöht ist, und  
der Zustand des Luftdruckes des Reifens wird indirekt  
durch die Berechnung eines Rotationszustandswertes  
erfasst, basierend auf den von Raddrehzahlsensoren oder  
30 dergleichen erfassten Winkelgeschwindigkeiten von  
vorderen, hinteren, linken und rechten Rädern.

Der Rotationszustandswert ist ein Parameter abhängig  
von einer Abweichung zwischen einer Raddrehzahlabweichung  
35 zwischen dem linken und rechten Vorderrad, und einer  
Raddrehzahlabweichung zwischen einem linken und rechten

Hinterrad, so dass der Wert in Übereinstimmung mit dem Luftdruck des Reifens verändert wird, ohne von der Raddrehzahlabweichung zwischen den linken und rechten Rädern beeinflusst zu werden, wenn eine Fahrtrichtungs-  
5      änderung vorgenommen wird. Der Rotationszustandswert zeigt eine Zunahme der Raddrehzahl des rechten Antriebsrades oder das linken angetriebene Rades, oder eine Zunahme der Raddrehzahl des linken Antriebsrads oder des rechten angetriebenen Rades und bestimmt die zwei  
10     Räder, die gesenkte Reifenluftdrücke haben.

Allerdings umfasst die Raddrehzahl entsprechend dem ersten konventionellen Beispiel die Resonanzfrequenz eines Rades, als auch andere Resonanzfrequenzen, die  
15     Rauschen darstellen, und dementsprechend beeinflusst, ob das S/R-Verhältnis ausgezeichnet ist oder nicht die Erfassungsgenauigkeit des Reifenluftdruckes. Das S/R-Verhältnis verschlechtert sich bei einem Hochdrehzahlbereich in bezug auf ein Antriebsrad und die praktische  
20     Grenzgeschwindigkeit des ersten konventionellen Beispieles ist ungefähr 60 - 100 km/h.

Entsprechend dem zweiten konventionellen Beispiel kann, obwohl die Fahrzeuggeschwindigkeit nicht wie im  
25     ersten konventionelles Beispiel beschränkt ist, nur eine relative Festlegung von einem Rad ausgeführt werden und welches der zwei diagonalen Räder abnorm ist, ist nicht bekannt.

Weiter kann entsprechend der den Rotationszustandswert benutzenden Technologie bestimmt werden, dass nur eines von zwei Rädern an den diagonalen Lagen (linkes Vorderrad und rechtes Hinterrad, rechtes Vorderrad und linkes Hinterrad) einen verringerten  
35     Luftdruck aufweist und das eine der Räder mit verringertem Reifenluftdruck kann nicht spezifiziert

werden. Weiterhin ist, wenn der Luftdruck des Reifens eines Antriebsrades gesenkt wird, die Erfassungsgewissheit nicht hinreichend.

5           ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Angesichts der obigen Probleme des Standes der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung  
10 bereitzustellen, die in der Lage ist, eine absolute Berechnung eines Reifenluftdruckzustands sogar im Hochdrehzahlbereich auszuführen.

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, es eine Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung bereitzustellen, die  
15 fähig ist ein einzelnes Rad mit verringertem Reifenluftdruck zu bestimmen.

Weiter ist es ein Vorteil der vorliegenden Erfindung, eine Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung  
20 bereitzustellen, die eine hohe Erfassungsgewissheit hat, wenn der Luftdruck des Reifens eines Antriebsrades verringert ist.

Die obigen Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 angezeigte Maßnahmen gelöst. Dementsprechend wird ein Reifendruckerkfassungssystem bereitgestellt, das eine Verarbeitungseinheit enthält, mit: Einer Rotationszustandswertberechnungseinheit für die  
30 Berechnung eines Rotationszustandswert abhängig von einer Abweichungsdifferenz zwischen einer Raddrehzahlabweichung zwischen dem linken und rechten Antriebsrad und einer Raddrehzahlabweichung zwischen dem linken und rechten angetriebenen Rad, die durch die Raddrehzahl-  
35 erfassungseinrichtung erfasst wird, einer Vorder- zu Hinterraddrehzahlabweichungsberechnungseinheit für die



Berechnung der Raddrehzahlabweichung zwischen Vorder- und Hinterrädern, einer Regressionsberechnungseinrichtung zur Berechnung einer Neigung einer Regressionsgerade des Rotationszustandswerts und der Vorder- zu Hinterraddrehzahlabweichung, und einer Luftdruckverringerbestimmungseinrichtung zum Bestimmen der Räder, die verringerte Reifenluftdrücke zu zwei Rädern an diagonalen Lagen unter den vier Rädern aufweisen, durch eine Positivität oder eine Negativität des Rotationszustandswertes, das das Rad mit verringertem Reifenluftdruck als das angetriebene Rad bestimmt, wenn die Neigung als null erkannt wird, und das Rad mit verringertem Reifenluftdruck als das Antriebsrad bestimmt, wenn die Neigung nicht als null erkannt wird.

Andere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden sich während der folgenden Beschreibung davon zeigen.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

Zusätzliche Vorteile der vorliegenden Erfindung werden durch die folgende, detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen davon in Verbindung mit der beiliegenden Zeichnung klarer:

FIG. 1 ist ein Blockschaltbild einer Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung entsprechend einer ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

FIGN. 2 - 5 sind Flussdiagramme des Betriebes der ersten Ausführungsform;

FIG. 6 ist ein Diagramm des Betriebs der ersten Ausführungsform;

FIG. 7 ist ein anderes Flussdiagramm des Betriebes der ersten Ausführungsform;

FIG. 8 ist ein Diagramm des Betriebes der ersten Ausführungsform;

FIG. 9 ist ein Blockschaltbild einer Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung entsprechend einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

FIGS. 10 und 11 sind Flussdiagramme des Betriebes der zweiten Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung entsprechend der vorliegenden Erfindung;

FIG. 12 ist ein Blockschaltbild einer Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung entsprechend einer dritten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

FIG. 13 ist ein Flussdiagramm des Betriebes der dritten Ausführungsform;

FIGN. 14 und 15 sind Diagramme des Betriebes einer konventionellen Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung;

FIGN. 16 - 18 ist Diagramme zum Erläutern des Wissens der Erfinder, das die Grundlage der vorliegenden Erfindung bildet;

FIG. 19 ist ein Blockschaltbild von einer Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung entsprechend einer vierten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

FIGN. 20 und 21 sind Flussdiagramme des Betriebes der vierten Ausführungsform;

FIG. 22 ist ein Blockschaltbild einer Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung entsprechend einer fünften bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

FIG. 23 ist ein Flussdiagramm des Betriebes der fünften Ausführungsform;

FIG. 24 ist ein Diagramm für die Erklärung des Betriebes der fünften Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung entsprechend der vorliegenden Erfindung;

FIG. 25 ist ein Flussdiagramm des Betriebes der fünften Ausführungsform;

FIG. 26A ist ein Diagramm, das die Charakteristik einer konventionellen Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung zeigt, und

FIG. 26B ist ein Diagramm, das die Charakteristik der fünften Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung entsprechend der vorliegenden Erfindung zeigt;

FIG. 27 ist ein Blockschaltbild einer Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung entsprechend einer sechsten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

FIG. 28 und 29 sind Flussdiagramme des Betriebes der sechsten Ausführungsform.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN



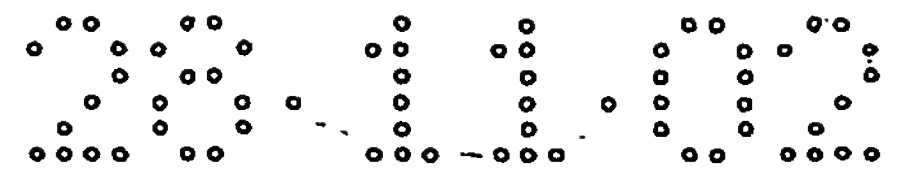


FIG. 1 zeigt eine Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung entsprechend einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein mit einer Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung ausgerüstetes Fahrzeug ist ein FR Fahrzeug, bei dem ein Motor in einem Motorraum am vorderen Teil vom Fahrzeug eingebaut ist und die Hinterräder Antriebsräder sind. Die Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung besteht aus Fahrzeuggeschwindigkeitssensoren 1a, 1b, 1c und 1d welche eine Fahrzeuggeschwindigkeitserfassungseinrichtung umsetzen, die in Übereinstimmung mit den jeweiligen Rädern des Fahrzeugs bereitgestellt ist, einer Berechnungsverarbeitungseinheit 2, die Eingänge von Signalen von den Fahrzeuggeschwindigkeitssensoren 1a - 1d aufweist, und eine Alarmvorrichtung 3 zum alarmieren eines Fahrers bei Verringerung des Luftdrucks des Reifens, wenn ein Alarmsignal von der Berechnungsverarbeitungseinheit 2 ausgegeben wird. Zwei der Fahrzeuggeschwindigkeitssensoren 1a - 1d (zum Beispiel, 1a, 1b) entsprechen den Vorderrädern und die übrigen zwei (zum Beispiel, 1c, 1d) entsprechen den Hinterrädern.

Die Berechnungsverarbeitungseinheit 2 wird durch einen Mikroprozessor oder dergleichen realisiert, und die Bestimmung des Reifenluftdruckzustands wird basierend auf Software der Berechnungsverarbeitungseinheit 2 basierend auf Impulssignalen von den Raddrehzahlsensoren 1a - 1d ausgeführt. Hinsichtlich der funktionellen Beschaffenheit der Berechnungsverarbeitungseinheit 2, werden Daten über Raddrehzahlen, die von den Raddrehzahlsensoren 1a - 1d als Impulssignale eingegeben werden, zu einer Druckdifferenzkriterienberechnungseinheit 2j und einer Resonanzfrequenzspeichereinheit 2f über eine Raddrehzahlberechnungseinheit 2a, eine FFT-Berechnungseinheit 2b, eine Mittelwertbildungseinheit 2c, eine Gleitender-

Mittelwert-Einheit 2d und eine  
Resonanzfrequenzberechnungseinheit 2e eingegeben. Die  
Daten der Raddrehzahlen werden von der  
Raddrehzahlberechnungseinheit 2a auch zu der  
5 Druckdifferenzkriterienberechnungseinheit 2j und einer  
Raddrehzahlenabweichungsspeichereinheit 2i über eine Rad-  
drehzahlabweichungsberechnungseinheit 2g und eine  
Raddrehzahlabweichungsmittelwertbildungseinheit 2h  
eingegeben. Die Resonanzfrequenzspeichereinheit 2f und  
10 die Raddrehzahlenabweichungsspeichereinheit 2i werden  
durch Speicher des Mikrocomputers realisiert. Von der  
Resonanzfrequenzspeichereinheit 2f und der  
Raddrehzahlenabweichungsspeichereinheit 2i gelesene  
Daten, und auch Daten von der  
15 Resonanzfrequenzberechnungseinheit 2e und der  
Radabweichungsmittelwertbildungseinheit 2h werden von der  
Druckdifferenzkriterienberechnungseinheit 2j und einer  
Luftdruckverringerungsbestimmungseinheit 2k verarbeitet  
und in Daten zur Bestimmung des Reifenluftdruckzustands  
20 umgeformt und zur Alarmvorrichtung 3 ausgegeben.

FIG. 2 zeigt einen Ablauf einer Hauptroutine von der  
Raddrehzahlberechnung bis zum Alarm der  
Luftdruckverringerung, der in der  
25 Berechnungsverarbeitungseinheit 2 ausgeführt wird. Die  
Schritte 100F und 100R zeigen eine  
Vorderradresonanzfrequenzerfassungssubroutine und eine  
Hinterradresonanzfrequenzerfassungssubroutine, wobei die  
Resonanzfrequenzen jeweils basierend auf den  
30 Vorderraddrehzahlen und den Hinterraddrehzahlen  
abgetastet werden. In Schritt 200 wird basierend auf den  
vier Raddrehzahlen die Raddrehzahlabweichung D berechnet.  
Die Raddrehzahlabweichung D ist als eine Funktion der  
Raddrehzahlen der Vorder-, Hinter-, linken und rechten  
35 Räder gegeben, die durch die Raddrehzahlsensoren 1a-1d

erfaßt werden, wobei Details der Berechnung später bekanntgegeben werden.

FIG. 3 zeigt einen Ablauf einer Resonanzfrequenz-  
 5 berechnungssubroutine, derselbe Ablauf wird für die  
 Vorderräder und die Hinterräder verwendet. Bei Schritt  
 110 werden durch Betreiben der  
 Raddrehzahlberechnungseinheit 2a, die zusammen mit den  
 Raddrehzahlsensoren 1a-1d die  
 10 Raddrehzahlerfassungseinrichtung bildet, die  
 Raddrehzahlen der jeweiligen Räder von den Anzahlen der  
 Impulssignale von den jeweiligen Raddrehzahlsensoren  
 1a-1d zum Eingeben von Signalen berechnet, z.B. innerhalb  
 von 5 ms.

15

Die Schritte 120-170 bezeichnen den Betrieb der  
 Resonanzfrequenzabtasteinrichtung. Bei Schritt 120 werden  
 die Spektrumsdaten durch Durchführen der FFT-Berechnung  
 in Bezug auf die Raddrehzahlen der jeweiligen Räder  
 20 erhalten durch Betreiben der FFT-Berechnungseinheit. Die  
 jeweiligen Komponentenwerte der Spektrumsdaten werden bei  
 diskreten Frequenzen mit einer Auflösung  $F_{lsb}$  (Hz)  
 gegeben. Als nächstes wird eine Zahl des  
 Berechnungszeitenzählers  $N$  um 1 inkrementiert, und das  
 25 Ergebnis wird zeitweise in einem Haltespeicher  $B(N)$   
 gespeichert (Schritt 130).

Als nächstes wird in Schritt 140 die Zahl des  
 Berechnungszeitenzählers  $N$  mit einem vorbestimmten Wert  
 30  $n_0$  verglichen. Wenn  $N < n_0$ , kehrt der Vorgang zu Schritt  
 110 zurück. Wenn  $N \geq n_0$ , das heißt, wenn die FFT-Berechnung  
 (Schritt 120)  $n_0$ -mal in Bezug auf die  
 Fahrzeuggeschwindigkeiten durchgeführt wurde, fährt der  
 Vorgang mit Schritt 150 fort.

35

Bei Schritt 150 wird das Ergebnis der  $n_0$ -maligen FFT-Berechnung durch Betrieb der Mittelwertbildungseinheit 2c von dem Ergebnishaltespeicher B(N) ausgelesen und der Mittelwert gebildet. Der Grund dafür ist, daß die Form (Größe oder Höhe) von auf einer Straßenoberfläche vorhandenen Irregularitäten nicht konstant ist, und das Ergebnis der FFT-Berechnung eine zufällige Abweichung enthält, die entfernt werden muß. Bei Schritt 160 wird durch den Betrieb der Gleitender-Mittelwert-Einheit 2d Glättung durch den gleitenden Mittelwert der Spektrumsdaten durchgeführt, deren Mittelwert bei Schritt 150 gebildet wurde, wodurch Hochfrequenzkomponenten vorher entfernt werden und die Erfassungsgenauigkeit der Resonanzfrequenz unterstützt wird.

Schritt 170 bezeichnet die Resonanzfrequenzberechnungssubroutine entsprechend der Schwerpunktmethode durch Betrieb der Resonanzfrequenzberechnungseinheit 2e. Die Resonanzfrequenz wird durch die Schwerpunktmethode von den geglätteten Spektrumsdaten bestimmt.

FIG. 4 zeigt das detaillierte Vorgehen der Resonanzfrequenzberechnungssubroutine durch die Schwerpunktmethode. Zunächst wird bei Schritt 171 eine Gesamtsumme F der Komponentenwerte F(i) aus der Gleichung (1) in Bezug auf einen Frequenzbereich, auf den die Schwerpunktmethode angewendet wird, berechnet. Hier bezeichnet die Notation i einen Index entsprechend der Frequenz, und der Frequenzbereich, auf den die Schwerpunktmethode angewendet wird, ist  $i=F_{ws}$  bis  $F_{we}$ .

$$S = \sum_{i=F_{ws}}^{F_{we}} F(i) \quad \dots (1)$$

Bei Schritt 172 wird S' auf 0 zurückgesetzt und i wird auf F<sub>WS</sub>-1 zurückgesetzt. Als nächstes wird i um 1 inkrementiert (Schritt 173) und S' wird durch Addieren von F(i) (Schritt 174) aktualisiert. Bei Schritt 174 wird  
 5 S' mit S/2 verglichen. Die Schritte 173-175 werden wiederholt, bis S' S/2 erreicht und i zu diesem Zeitpunkt der Frequenz entspricht, die den Schwerpunkt des Komponentenwertes bildet. Die Resonanzfrequenz F<sub>k</sub> wird durch Multiplizieren der Auflösung F<sub>lsb</sub> bis i erhalten,  
 10 bereitgestellt wie oben beschrieben (Schritt 176). Nachstehend werden die Resonanzfrequenzen durch F<sub>k</sub> (FR) für das rechte Vorderrad, F<sub>k</sub> (FL) für das linke Vorderrad, F<sub>k</sub> (RR) für das rechte Hinterrad und F<sub>k</sub> (RL) für das linke Hinterrad dargestellt.

15  
 FIG. 5 zeigt die Raddrehzahlabweichungsberechnungssubroutine bei Schritt 200 (FIG. 2). Die Raddrehzahlabweichungsberechnungssubroutine besteht aus der Operationseinheit der  
 20 Rotationszustandswertberechnungseinrichtung. Bei den Schritten 210-230 werden durch den Betrieb der Raddrehzahlabweichungsberechnungseinheit 2g die Verhältnisse F<sub>d</sub> und R<sub>d</sub> des rechten Rades zu dem linken Rad mit Bezug auf die erfaßten Raddrehzahlen, die  
 25 Abweichungen darstellen, durch die Gleichungen (2) und (3) berechnet (Schritte 210, 220), und von diesen wird eine Raddrehzahlabweichung D, d.h. der Rotationszustandswert, durch die Gleichung (4) berechnet, und eine Zahl des Berechnungszeitenzählers N wird um 1  
 30 inkrementiert (Schritt 230).

$$F_d = \frac{FR}{FL} \quad \dots (2)$$

$$R_d = \frac{RR}{RL} \quad \dots (3)$$

35



$$D = \frac{F_d}{R_d} \quad \dots (4)$$

Bei Schritt 240 wird die Zahl des Berechnungszeitenzählers N mit einer vorbestimmten Zahl  $n_0$  verglichen. Wenn  $N < n_0$ , kehrt der Vorgang zurück zu Schritt 210. Wenn  $N \geq n_0$ , d.h. wenn die Berechnung der Raddrehzahlabweichung D (Schritte 210-230)  $n_0$ -mal durchgeführt wurde, fährt der Vorgang mit Schritt 250 fort.

10

Bei Schritt 250 werden durch Betrieb der Raddrehzahlabweichungsmittelwertbildungseinheit 2i  $n_0$  der zeitweise gespeicherten Raddrehzahlabweichungen D gemittelt, und der Vorgang kehrt zur Hauptroutine (FIG. 2) zurück. Im übrigen wird der Durchschnittswert der Raddrehzahlabweichungen D auch Raddrehzahlabweichung D genannt.

FIG. 6 ist ein Diagramm, das das Verhalten der Raddrehzahlabweichung D erläutert. Wenn die Reifenluftdrücke aller Räder normal sind, und das Fahrzeug auf einer Geraden fährt, sind die Raddrehzahlen der vier Räder gleich, und daher sind das linke und rechte Raddrehzahlverhältnis  $F_d$  des Vorderrades und das linke und rechte Raddrehzahlverhältnis  $R_d$  des Hinterrades 1 und die Raddrehzahlabweichung D ist 0. Ferner sind beim Durchfahren einer Kurve die Radien der Kurven zwischen dem linken Vorderrad und dem rechten Vorderrad unterschiedlich, und daher erhöht oder verringert sich das linke und rechte Raddrehzahlverhältnis  $F_d$  des Vorderrades um 1 herum, abhängig von den Richtungen der Kurve. Zwischenzeitlich zeigen die Hinterräder ein Verhalten gleich der Vorderräder, insbesondere in einem Hochgeschwindigkeitsbereich, und das linke und rechte Raddrehzahlverhältnis  $R_d$  des Hinterrades ist gleich dem



linken und rechten Raddrehzahlverhältnis  $F_d$  des Vorderrades. Dementsprechend heben sich mit Bezug auf die Raddrehzahlabweichung  $D$  Veränderungen der linken und rechten Raddrehzahlverhältnisse  $F_d$  und  $R_d$  beim  
5 Durchfahren einer Kurve gegeneinander auf, und die Abweichung bleibt unabhängig von Geradeausfahrt oder Kurvenfahrt gleich.

Als nächstes, wenn z.B. der Reifenluftdruck des  
10 rechten vorderen Rades verringert ist, wird die Raddrehzahl mit Verringerung des Luftdruckes erhöht, und dementsprechend wird selbst bei Geradeausfahrt das linke und rechte Raddrehzahlverhältnis  $F_d$  des Vorderrades erhöht. Unterdessen sind die Raddrehzahlen der linken und  
15 rechten Hinterräder gleich, und daher bleibt das linke und rechte Raddrehzahlverhältnis  $R_d$  1. Dementsprechend wird die Raddrehzahlabweichung  $D$  auf die positive Seite verändert entsprechend dem Betrag der Verringerung des Reifenluftdrucks. Die Raddrehzahlabweichung  $D$  wird  
20 ähnlich verändert, wenn der Reifenluftdruck des anderen Rades verringert wird, und wenn der Reifenluftdruck des linken Vorderrades oder des rechten Hinterrades verringert wird, hat die Raddrehzahlabweichung  $D$  einen negativen Wert.

25 Nach Berechnung der Resonanzfrequenzen  $F_k$  (FR),  $F_k$  (FL),  $F_k$  (RR),  $F_k$  (RL) und der Raddrehzahlabweichung  $D$  bei den Schritten 100 und 200 fährt der Vorgang mit Schritt 300 fort.

30 Die Schritte 300-1100 zeigen den Betrieb eines Teils der Luftdruckverringerungsbestimmungseinheit 2k, d.h. der Bestimmungseinrichtung. Bei den Schritten 300 und 500 werden die Resonanzfrequenzen  $F_k$  (FR) und  $F_k$  (FL) der  
35 Vorderräder jeweils mit einem Schwellenwert  $F_{sh}$  verglichen. Der Schwellenwert  $F_{sh}$  wird auf eine

Resonanzfrequenzzahl bei einem Luftdruck gesetzt, der als vermutlich platter Reifen erkannt wird. Wenn die Resonanzfrequenz  $F_k$  (FR) und  $F_k$  (FL) der Vorderräder  $F_{sh}$  überschreitet, wird ein Alarmsignal zu der Alarmvorrichtung 3 ausgegeben (Schritte 400, 600). Entsprechend dem Alarmsignal wird ein Betrag an verringertem Luftdruck in einem numerischen Wert ausgegeben, und ein Fahrer kann die absolute Berechnung der Verringerung des Luftdrucks in einen numerischen Wert durchführen durch Verwendung der Alarmvorrichtung 3.

Als nächstes wird die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  mit einer Grenzggeschwindigkeit  $V_{sh}$  verglichen, d.h. einem oberen Grenzwert (Schritt 700), und wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  gleich oder kleiner als die Grenzggeschwindigkeit  $V_{sh}$  ist, wird bestimmt, daß die Erfassungsgenauigkeit der Resonanzfrequenz unproblematisch ist, die Resonanzfrequenzen  $F_k$  (RR) und  $F_k$  (RL) der Hinterräder werden jeweils mit dem vorbestimmten Wert  $F_{sh}$  verglichen (Schritte 800, 1000), und wenn sie  $F_{sh}$  überschreiten, wird ein Alarmsignal zu der Alarmvorrichtung 3 ausgegeben (Schritte 900, 1100). Die Grenzggeschwindigkeit  $V_{sh}$  wird basierend auf der Erfassungsgenauigkeit oder dergleichen der Resonanzfrequenzen  $F_k$  (RR) und  $F_k$  (RL) der Hinterräder in Schritt 100R eingestellt.

Als nächstes werden bei Schritt 1200 durch Betrieb der Resonanzfrequenzspeichereinheit 2f die Resonanzfrequenzen  $F_k$  (FR),  $F_k$  (FL),  $F_k$  (RR) und  $F_k$  (RL) der jeweiligen Räder, die bei den Schritten 100F und 100R, die zur Bestimmung der Verringerung des Luftdruckes verwendet werden, berechnet werden, als Referenzwerte  $F_k$  (\*)std jeweils aktualisiert und gespeichert (hier, \*: FR, RL, RR, RL).

Bei Schritt 1300 wird durch Betrieb der Raddrehzahl-  
abweichungsspeichereinheit 2i die bei Schritt 200 be-  
rechnete Raddrehzahlabweichung D als Referenzwert D<sub>std</sub>  
aktualisiert und gespeichert.

5

Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit V gleich oder größer  
als die Grenzggeschwindigkeit V<sub>sh</sub> bei Schritt 700 ist,  
fährt der Vorgang mit Schritt 1400 fort. Schritt 1400  
bezeichnet eine

10 Druckdifferenzkriterienberechnungssubroutine, die durch  
die Druckdifferenzkriterienberechnungseinheit 2g  
betrieben wird.

FIG. 7 zeigt einen detaillierten Ablauf der  
15 Druckdifferenzkriterienberechnungssubroutine. Bei Schritt  
1410 wird durch Betrieb einer  
Rotationszustandsveränderungsbetragsberechnungs-  
einrichtung der Referenzwert D<sub>std</sub>, der in dem Speicher  
gespeichert ist, ausgelesen, und ein  
20 Druckdifferenzkriterium  $\Delta D'$  wird durch die Gleichung (5)  
berechnet:

$$\Delta D' = D - D_{std} \quad \dots(5)$$

25 Bei Schritt 1420 werden durch den Betrieb der  
Resonanzfrequenzveränderungsbetragsberechnungseinrichtung  
zeitweise verringerte Beträge der Resonanzfrequenzen der  
Vorderräder durch Gleichung (6) und Gleichung (7)  
berechnet:

30

$$\Delta F_k(FR) = F_k(FR)_{std} - F_k(FR) \quad \dots(6)$$

$$\Delta F_k(FL) = F_k(FL)_{std} - F_k(FL) \quad \dots(7)$$

35 Bei den Schritten 1430 und 1440 wird eine  
Korrekturereinrichtung betrieben, und bei Schritt 1430 wird

ein Vorderraddruckdifferenzkorrekturwert FDC durch die Gleichung (8) berechnet. In der Gleichung (8) ist der Koeffizient C ein Koeffizient zum Umwandeln der Resonanzfrequenz in die Raddrehzahlabweichung, wenn der Reifenluftdruck verringert ist und wird in dem Speicher als Speichereinrichtung gespeichert. Der Koeffizient C wird zuvor durch Experimente oder dergleichen berechnet, die einen eigentlichen Laufzustand simulieren. Zum Beispiel, wenn das Druckdifferenzkriterium 5/100 ist und der Verringerungsbetrag der Resonanzfrequenz 8 Hz ist, wenn z.B. der Reifenluftdruck um 100 kPa verringert ist, ist C 1600.

$$FDC = \frac{\Delta F_k(FR) - \Delta F_k(FL)}{C} \quad \dots (8)$$

Die rechte Seite der Gleichung (8) stellt einen Betrag der Veränderung der Abweichung zwischen den Raddrehzahlen der linken und rechten Vorderräder dar, die durch die Differenz der Reifenluftdrücke der linken und rechten Vorderräder verursacht wird, und wenn die Luftdruckverringerung des Reifens des rechten Vorderrades größer ist, wird der Betrag positiv, und wenn die Luftdruckverringerung des Reifens des linken Vorderrades größer ist, wird der Betrag negativ.

Als nächstes wird das Druckdifferenzkriterium  $\Delta D'$  durch Gleichung (9) korrigiert unter Verwendung des Vorderraddruckdifferenzkorrekturwertes FDC (Schritt 1440). In Gleichung (9) bezeichnet D das Druckdifferenzkriterium nach der Korrektur.

$$\Delta D = \Delta D' - FDC \quad \dots (9)$$

Wie oben erwähnt, stellt der Druckdifferenzkorrekturwert FDC den Betrag der Veränderung bei der Abweichung der Raddrehzahlen zwischen

dem linken und rechten Vorderrad dar, die durch die Reifenluftdruckdifferenz zwischen dem linken und rechten Vorderrad verursacht wird, und dementsprechend hängt das Druckdifferenzkriterium nach der Korrektur  $\Delta D$  nur von der  
5 Veränderung der Reifenluftdrücke der Hinterräder ab.

Die Schritte 1500-1900 zeigen andere Operationen der Luftdruckverringerungsbestimmungseinheit 2k. Bei Schritt 1500 wird der Grad der Positivität oder Negativität des  
10 Druckdifferenzkriteriums  $\Delta D$  bestimmt. Wie oben erwähnt, hängt das Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$  nur von den Reifenluftdrücken der Hinterräder ab und wird mit einem negativen Wert versehen, wenn der Luftdruck des Reifens des rechten Hinterrades verringert ist, und einem  
15 positiven Wert, wenn der Luftdruck des Reifens des linken Hinterrades verringert ist. Wenn  $\Delta D$  negativ ist, wird ferner bestimmt, daß der Luftdruck des Reifens des rechten Hinterrades verringert ist, und der Vorgang fährt mit Schritt 1600 fort.

20

Die vordere Hälfte des Schrittes 1600 wird durch eine Antriebsradresonanzfrequenzberechnungseinrichtung betrieben, und ein Betrag der Veränderung der Resonanzfrequenz des rechten Hinterrades, die durch die  
25 Verringerung des Reifenluftdruckes verursacht wird, wird berechnet. Die Resonanzfrequenz und die Raddrehzahlabweichung, wenn der Reifenluftdruck verringert ist, werden durch den oben erwähnten Koeffizienten  $C$  konvertiert, und daher ist der  
30 Veränderungsbetrag der Resonanzfrequenz durch  $C \cdot \Delta D$  gegeben. Die Resonanzfrequenz am Startpunkt der Veränderung der Resonanzfrequenz ist der Resonanzfrequenzreferenzwert  $F_k(RR)_{std}$ , der in dem Speicher gespeichert ist. Ferner ist  $\Delta D$  mit einem ne-  
35 gativen Wert bereitgestellt, wenn der Druck des Reifens des rechten Hinterrades verringert ist. Ferner wird der



Resonanzfrequenzreferenzwert  $F_k(RR)_{std}$  von dem Speicher ausgelesen, und die Resonanzfrequenz des rechten Hinterrades wird als  $F_k(RR)_{std} + C \cdot \Delta D$  berechnet.

- 5 Die hintere Hälfte des Schrittes 1600 wird durch den verbleibenden Teil der Luftdruckverringerungsbestimmungseinheit 2k betrieben und die berechnete Resonanzfrequenz wird mit dem vorbestimmten Wert  $F_{sh}$  verglichen, und wenn die berechnete
- 10 Resonanzfrequenz  $F_{sh}$  überschreitet, wird ein Alarmsignal an die Alarmvorrichtung 3 herausgegeben (Schritt 1700). In Bezug auf das Alarmsignal wird, ähnlich dem Fall eines niedrigen Geschwindigkeitsbereiches, wo die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  nicht die Grenzggeschwindigkeit
- 15  $V_{sh}$  überschreitet, basierend auf der berechneten Resonanzfrequenz der Betrag der Verringerung des Luftdruckes als numerischer Wert ausgegeben.

- 20 Ferner wird bestimmt, daß der Luftdruck des Reifens des linken Hinterrades verringert ist, wenn das Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$  positiv ist, und der Vorgang fährt mit Schritt 1800 fort. Bei Schritt 1800 wird im wesentlichen die Prozedur von Schritt 1600 ausgeführt durch Ersetzen des rechten Hinterrades durch das linke
- 25 Hinterrad, und wenn der Luftdruck des Reifens des linken Hinterrades verringert ist, wird  $\Delta D$  mit einem negativen Wert bereitgestellt, und daher wird die Resonanzfrequenz des linken Hinterrades mit  $F_k(RL)_{std} - C \cdot \Delta D$  berechnet. Wenn der berechnete Wert der Resonanzfrequenz des linken
- 30 Hinterrades  $F_{sh}$  überschreitet, wird ähnlich dem Fall des rechten Hinterrades (Schritt 1700) ein Alarmsignal an die Alarmvorrichtung 3 ausgegeben (Schritt 1900).

- 35 FIG. 8 zeigt zeitweise Veränderungen der Resonanzfrequenz und der Fahrzeuggeschwindigkeit, und wenn der Reifenluftdruck durch eine Reifenpanne oder



ähnliches verringert ist, wird die Resonanzfrequenz  
ebenso verringert. Die Resonanzfrequenz wird durch  
direkte Berechnung berechnet, bevor die Fahrzeug-  
geschwindigkeit  $V$  die Grenzggeschwindigkeit  $V_{sh}$  über-  
5 schreitet, die Resonanzfrequenz wird mit dem  
Alarmschwellenwert  $F_{sh}$  verglichen und die Anomalie des  
Luftdruckzustandes des Reifens wird warnend angezeigt  
(Resonanzpunktsystem). Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$   
die Grenzggeschwindigkeit  $V_{sh}$  überschreitet mit Bezug auf  
10 das Hinterrad, wird die letzte Resonanzfrequenz vor  
Überschreiten der Grenzggeschwindigkeit  $V_{sh}$  basierend auf  
dem Resonanzfrequenzreferenzwert und dem  
Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$  berechnet, die berechnete  
Resonanzfrequenz wird mit dem Alarmschwellenwert  $F_{sh}$   
15 verglichen und eine Anomalie des Luftdruckzustandes des  
Reifens wird warnend angezeigt.

(Zweite Ausführungsform)

20 FIG. 9 zeigt eine zweite bevorzugte Ausführungsform  
der vorliegenden Erfindung. Eine  
Hinterradfrequenzexistenzbestimmungseinheit 21 ist  
zwischen der Druckdifferenzkriterienberechnungseinheit 2j  
und der Luftdruckverringerungsbestimmungseinheit 2k in  
25 der ersten Ausführungsform, dargestellt in FIG. 1,  
bereitgestellt, und der Ablauf (Schritte 1400-1900), wenn  
die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  die Grenzggeschwindigkeit  
 $V_{sh}$  bei Schritt 700 in FIG. 2 überschreitet, wird in eine  
Luftdruckverringerungsbestimmungs- und -alarmiersub-  
30 routine abgeändert, die die Druckdifferenzkriterien  
verwendet (FIG. 10). Die Luftdruckverringerungs-  
bestimmungs- und -alarmiersubroutine, die die  
Druckdifferenzkriterien verwendet, ist in FIG. 11  
dargestellt. In dieser Zeichnung sind die mit gleichen  
35 Nummern wie in FIG. 3 in Verbindung mit der ersten  
Ausführungsform bezeichneten Schritte ähnlich, und daher

wird eine Beschreibung gegeben, die sich auf die Unterschiede davon von der ersten Ausführungsform konzentriert.

5        In FIG. 11 wird bei Schritt 2010 bestimmt, ob die Resonanzfrequenzen  $F_k(FR)_{std}$  und  $F_k(FL)_{std}$  der Reifen der Vorderräder erfaßt wurden, und wenn sie nicht erfaßt wurden, werden  $F_k(FR)$  und  $F_k(FL)$ , die in Schritt 100F berechnet wurden, als  $F_k(FR)_{std}$  und  $F_k(FL)_{std}$  bestimmt  
10        (Schritt 2020).

Nachfolgend wird bestimmt, ob der Referenzwert  $D_{std}$  der Raddrehzahlabweichung erfaßt wurde, und wenn er nicht erfaßt wurde, wird das Druckdifferenzkriterium  $D$ , das in  
15        Schritt 200 berechnet wurde (FIG. 10), als  $D_{std}$  bestimmt (Schritt 2040), und die Hauptroutine ist beendet.

Wenn der Referenzwert  $D_{std}$  der Druckdifferenzkriterien erfaßt wurde (Schritt 2030), wird  
20        die Druckdifferenzkriterienberechnungssubroutine (Schritt 1400) ähnlich der ersten Ausführungsform ausgeführt, wobei das Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$  erhalten wird.

Als nächstes wird bei Schritt 2050 die  
25        Hinterradfrequenzexistenzbestimmungseinheit 21 betrieben, und es wird bestimmt, ob die Resonanzfrequenzen  $F_k(RR)_{std}$  und  $F_k(RL)_{std}$  der Reifen der Hinterräder erfaßt wurden. In einem sehr frühen Stadium, unmittelbar nach Inbetriebnahme eines Fahrzeugs wurden die  
30        Resonanzfrequenzreferenzwerte der Hinterräder, die zur Beurteilung der Resonanzfrequenzen der Hinterräder notwendig sind, noch nicht gespeichert. Dementsprechend können, wenn z.B. ein Fahrzeug von einem Parkplatz oder ähnlichem auf eine Fahrbahn rasch beschleunigt und sich  
35        in den Verkehr einfügt und die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  die Grenzfahrzeuggeschwindigkeit  $V_{sh}$  überschreitet, die

Resonanzfrequenzen der Hinterräder nicht erfaßt werden, bevor die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  die Grenzfahrzeuggeschwindigkeit  $V_{sh}$  überschreitet. Daher werden getrennte Prozeduren ausgeführt in dem Fall, wo  
5 die Resonanzfrequenzreferenzwerte der Hinterräder gespeichert werden, und in dem Fall, wo sie nicht gespeichert werden. Wenn die Resonanzfrequenzen  $F_k(RR)_{std}$  und  $F_k(RL)_{std}$  der Reifen der Hinterräder erfaßt wurden, werden ähnlich der ersten Ausführungsform die Schritte  
10 1500-1900 ausgeführt.

Wenn die Resonanzfrequenzen  $F_k(RR)_{std}$  und  $F_k(RL)_{std}$  der Reifen der Hinterräder nicht erfaßt wurden (Schritt 2050), wird der Betrag  $|\Delta D|$  des Druckdifferenzkriteriums  
15  $\Delta D$  mit dem Schwellenwert  $D_{sh}$  verglichen. Das Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$  hängt nur von der Veränderung der Reifenluftdruckdifferenz der Hinterräder ab, und daher weicht das Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$  merklich positiv oder negativ ab, wenn einer der Luftdrücke der  
20 Reifen der Hinterräder verringert ist. Der Schwellenwert  $D_{sh}$  ist ein Wert des Druckdifferenzkriteriums  $\Delta D$ , wobei die Verringerung des Luftdruckes bestimmt werden kann, und wird in einem Speicher der  
Berechnungsverarbeitungseinheit 2 durch vorheriges  
25 Einstellen durch Experimente oder ähnliches gespeichert.

Wenn  $|\Delta D|$  größer ist als  $D_{sh}$ , wird das Vorzeichen von  $\Delta D$  bestimmt (Schritt 2070). Wenn der Luftdruck des Hinterrades verringert ist, wird das Drehzahlverhältnis  
30 zwischen dem linken und rechten Hinterrad  $R_d$  erhöht, und das Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$  ist negativ. Dementsprechend wird ein Alarmsignal, das vor der Verringerung des Luftdruckes des rechten Hinterrades warnt, an die Alarmvorrichtung 3 ausgegeben (Schritt  
35 2080), wenn das Vorzeichen des Druckdifferenzkriteriums  $\Delta D$  negativ ist, und umgekehrt wird ein Alarmsignal, das

vor der Verringerung des Luftdruckes des linken Hinterrades warnt, an die Alarmvorrichtung 3 ausgegeben (Schritt 2090), wenn das Vorzeichen des Druckdifferenzkriteriums  $\Delta D$  positiv ist.

5

Im übrigen wird in Schritt 2060 bestimmt, daß der Reifenluftdruckzustand normal ist, wenn  $|\Delta D|$  kleiner als  $D_{sh}$  ist.

10 (Dritte Ausführungsform)

FIG. 12 zeigt eine dritte bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Eine Raddrehzahlabweichungsstandardbestimmungseinheit 2m ist an der Vorstufe der Druckdifferenzkriterienberechnungseinheit 2j der zweiten Ausführungsform bereitgestellt, wie sie in FIG. 9 gezeigt ist, und die Luftdruckverringerungs-Bestimmungs- und Alarmiersubroutine, die die durch FIG. 11 dargestellten Druckdifferenzkriterien verwendet, wird in eine andere Luftdruckverringerungs-Bestimmungs- und Alarmiersubroutine verändert, die die Druckdifferenzkriterien verwendet. Die LuftdruckverringerungsBestimmungs- und Alarmiersubroutine, die die Druckdifferenzkriterien verwendet, ist in FIG. 13 dargestellt. In FIG. 13 sind Schritte, die die gleichen Nummern wie in FIG. 11 bei der Erläuterung der zweiten Ausführungsform beschrieben aufweisen, ähnlich, und daher wird sich eine Erläuterung auf die Unterschiede davon zur zweiten Ausführungsform konzentrieren.

Gemäß der Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung der zweiten bevorzugten Ausführungsform wird das Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$  berechnet, selbst wenn ein Fahrzeug rasch von einem Parkplatz oder ähnlichem auf eine Fahrbahn beschleunigt und sich in den Verkehr

2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35

einfügt, und die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  die Grenzfahrzeuggeschwindigkeit  $V_{sh}$  überschreitet, wodurch die Resonanzfrequenzen der Hinterräder nicht abgetastet werden können (Schritt 1400 in FIG. 11), wodurch die Reifenluftdruckzustände der jeweiligen Hinterräder bestimmt werden können. Allerdings benötigt das Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$  Daten an zwei Zeitpunkten, und dementsprechend tritt eine Zeitverzögerung auf bis das erste Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$  berechnet wird, und selbst wenn eine Reifenpanne oder ähnliches an dem Hinterrad verursacht wird, kann es in einem frühen Stadium nicht gewußt werden, wenn ein Fahrzeug rasch aus einem Parkplatz oder ähnlichem auf eine Fahrbahn beschleunigt und sich in den Verkehr einfügt und die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  die Grenzfahrzeuggeschwindigkeit  $V_{sh}$  überschreitet, während der Luftdruck eines bestimmten Reifens außerordentlich niedrig ist und eine merkliche Fahrzeuggeschwindigkeitsabweichung auftritt.

20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35

Daher wird gemäß der Ausführungsform in FIG. 13 bestimmt, daß die Raddrehzahlabweichung  $D$  der Referenzwert  $D_{std}$  ist (Schritt 2040), wenn der Referenzwert  $D_{std}$  der Raddrehzahlabweichung nicht erfaßt wurde (Schritt 2030), und danach wird der Betrag  $|D|$  der Raddrehzahlabweichung  $D$  mit einem Standardwert  $D_{dsh}$  verglichen, und wenn der Betrag  $|D|$  größer als der Standardwert  $D_{dsh}$  ist, wird ein Alarmsignal zu der Alarmvorrichtung 3 ausgegeben (Schritt 3020). Dadurch kann selbst in einem Zustand, in dem der Druck des Reifens eines der Hinterräder vom Start des Betriebs an niedrig ist, die Anomalie des Luftdruckzustandes des Reifens in einem frühen Stadium gewußt werden, selbst wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  die Grenzfahrzeuggeschwindigkeit  $V_{sh}$  unmittelbar nach Beginn des Betriebs des Fahrzeugs überschreitet.



Im übrigen kann eine Fahrzeugbeschleunigung berechnet werden, obwohl die Abweichung der Rotationszustände der linken und rechten Räder in den oben beschriebenen  
5 jeweiligen Ausführungsformen auf das Raddrehzahlverhältnis eingestellt werden, so z.B. von einer Differenz zwischen den Raddrehzahlen an aufeinanderfolgenden Zeitpunkten, und die Abweichung der Rotationszustände der linken und rechten Räder kann als  
10 das Radbeschleunigungsverhältnis bestimmt werden.

Ferner kann eine von der Abweichung der Rotationszustände der linken und rechten Räder abhängige Funktion verwendet werden, wie z.B. ein Vorder- zu  
15 Hinterrad-Verhältnis der linken zu rechten Raddrehzahlverhältnisse, wo Veränderungen der Abweichung der Rotationszustände der linken und rechten Räder bei Richtungsänderung aufgehoben werden, obwohl der Rotationszustandswert als die Raddrehzahlabweichung  
20 bestimmt ist, dargestellt durch die Differenz zwischen Vorder- und Hinterrad der linken und rechten Raddrehzahlverhältnisse.

(Vierte Ausführungsform)

25 Bevor die vierte Ausführungsform detailliert beschrieben wird, wird das durch die Erfinder vor der Erfindung bereitgestellte Wissen erläutert. Die Erfinder haben folgendes Wissen als Ergebnis intensiver  
30 Wiederholung der experimentellen Forschung an Raddrehzahlen und Reifenluftdrücken eines vierradgetriebenen oder heckgetriebenen Fahrzeugs bei Betrieb des Fahrzeugs herausgefunden.

35 Die Raddrehzahlabweichung  $D$ , d.h. der Rotationszustandswert, wird entsprechend der Gleichung



(10) von den erfaßten Raddrehzahlen von vier Rädern berechnet, und ein Vorder- zu Hinterrad-Rotationsverhältnis  $\beta$ , d.h. ein Schlupfzustandswert, wird mit der Gleichung (11) berechnet. In diesen Gleichungen ist  $V_{FR}$  die rechte Vorderraddrehzahl,  $V_{FL}$  ist die linke Vorderraddrehzahl,  $V_{RR}$  ist die rechte Hinterraddrehzahl und  $V_{RL}$  ist die linke Hinterraddrehzahl. Die Raddrehzahlabweichung  $D$  ist eine Variable, die als eine Differenz zwischen den Vorder- und Hinterrädern mit Bezug auf die Raddrehzahlverhältnisse der linken zu den rechten Rädern gegeben wird, wobei der Wert nicht von einer Richtungsänderungsoperation des Fahrzeugs als Ganzes abhängt, und wenn der Luftdruck von einem Rad der vier Räder durch eine Reifenpanne oder ähnliches verringert wird, wird der Wert erhöht oder verringert. Das Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis  $\beta$  stellt einen Grad des Schlupfzustandes dar, der bei den angetriebenen Rädern durch die Wirkungsweise der Antriebskraft verursacht wird, die zu den Antriebsrädern übertragen wird, und zeigt die Charakteristik, daß, je kleiner das Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis  $\beta$  ist, umso mehr die Antriebsräder im Fall des Heckantriebs rutschen.

$$D = \frac{V_{FR}}{V_{FL}} - \frac{V_{RR}}{V_{RL}} \quad \dots(10)$$

$$\beta = \frac{V_{FR} + V_{FL}}{V_{RR} + V_{RL}} \quad \dots(11)$$

FIGN. 16-18 zeigen die Beziehung zwischen der Raddrehzahlabweichung  $D$  und dem Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis  $\beta$ . FIG. 18 zeigt einen Fall, in dem die vier Räder unter einem vorbestimmten Druck sind. FIG. 17 zeigt einen Fall, in dem das linke Vorderrad (angetriebenes Rad) einen bestimmten Druck aufweist - 100 kPa, und FIG. 18 zeigt einen Fall, in dem das rechte Hinterrad (Antriebsrad), das an einer diagonalen Position

zum linken Vorderrad angeordnet ist, einen vorgeschriebenen Druck - 100 kPa, aufweist. Wenn das Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis  $\beta$  1 ist, d.h. das Fahrzeug rutscht nicht, bleibt die Raddrehzahlabweichung  $D$  unabhängig davon, ob das Rad, das einen verringerten Reifendruck aufweist, ein angetriebenes Rad (FIG. 16) oder ein Antriebsrad (FIG. 17) ist. Allerdings nähert sich in dem Fall, in dem das Rad, das einen verringerten Reifenluftdruck aufweist, ein Antriebsrad ist, wenn das Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis  $\beta$  kleiner wird, die Raddrehzahlabweichung  $D$  dem, in dem Fall eines vorgeschriebenen Druckes (FIG. 18). Wenn das Rad, das einen verringerten Reifenluftdruck aufweist, ein angetriebenes Rad ist, wird keine Abhängigkeit in Bezug auf das Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis  $\beta$  beobachtet.

Es wird beobachtet, daß das folgende Phänomen auftritt. Im allgemeinen wird der Rotationsradius des Rades verringert und die Raddrehzahl wird höher als die Raddrehzahl anderer Räder, wenn der Reifenluftdruck eines Rades verringert ist. Wenn das Rad, das einen verringerten Reifenluftdruck aufweist, eines der Antriebsräder ist, wird allerdings, obwohl der Rotationsradius des Rades verringert ist, die Bodenfläche erhöht, und dementsprechend wird eine große Kraft zum Zurückhalten des Schlupfes verglichen mit der des anderen Antriebsrades verursacht, das keinen verringerten Reifenluftdruck aufweist. Dementsprechend ist es einfacher für einen Reifen, der keinen verringerten Reifenluftdruck aufweist, zu rutschen, im Vergleich zu einem Reifen, der einen verringerten Reifenluftdruck aufweist, bei dem der Rotationsradius des Rades verringert ist, wenn die Antriebskraft wirksam ist. Dementsprechend wird die Differenz zwischen den linken und rechten Raddrehzahlen kleiner in Übereinstimmung mit

der Antriebskraft in dem Fall des Antriebsrades, selbst wenn der Reifenluftdruck eines der Räder verringert ist.

5 Demzufolge nähert sich die Raddrehzahlabweichung D einem Wert, wo alle vier Räder unter einem vorbestimmten Reifenluftdruck (FIG. 18) sind, in Übereinstimmung mit dem Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis  $\beta$  in dem Fall, in dem der Reifenluftdruck eines der Antriebsräder verringert ist.

10

Zwischenzeitlich bleibt die Raddrehzahlabweichung D konstant, selbst wenn das Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis  $\beta$  verändert ist, wenn das Rad mit verringertem Reifenluftdruck ein Antriebsrad ist.

15

Ferner bleibt die Raddrehzahlabweichung D nicht konstant abhängig von dem Schlupfzustand der Antriebsräder, da ein solches Phänomen verursacht wird, und es wird erkannt, daß die Erfassungssicherheit des  
20 Reifenluftdrucks sich verringert.

Die vorliegende Erfindung wurde basierend auf solchem Wissen ausgeführt.

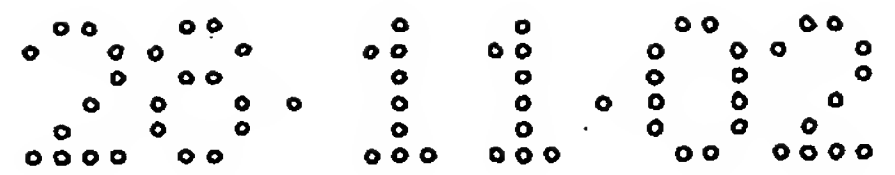
25 FIG. 19 zeigt eine Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung gemäß einer vierten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung ist an einem Fahrzeug mit Vorderradantrieb oder Hinterradantrieb  
30 befestigt und wird realisiert durch Raddrehzahlsensoren 1a, 1b, 1c und 1d, die Raddrehzahlerfassungseinrichtungen sind, die in Übereinstimmung mit den jeweiligen Rädern des Fahrzeugs bereitgestellt sind, eine  
Berechnungsverarbeitungseinheit 2 zum Eingeben von  
35 Signalen von den Raddrehzahlsensoren 1a-1d und eine Alarmeinrichtung 3 zum Warnen, um einen Fahrer über die

Verringerung des Luftdruckes durch ein Alarmsignal von der Berechnungsverarbeitungseinheit 2 zu informieren. Zwei der Raddrehzahlsensoren 1a-1d (z.B. 1a, 1b) entsprechen den angetriebenen Rädern, und die  
5 verbleibenden zwei (z.B. 1c, 1d) entsprechen den Antriebsrädern.

Eine Erläuterung der funktionellen Konstitution der Berechnungsverarbeitungseinheit 2 wird wie folgt gegeben.  
10 Von den Raddrehzahlsensoren 1a-1d eingegebene Impulssignale werden in numerische Daten der Raddrehzahlen durch eine Raddrehzahlberechnungseinheit 2a ausgebildet. Die numerischen Daten der Raddrehzahlen werden in eine Raddrehzahlabweichung durch eine  
15 Raddrehzahlabweichungsberechnungseinheit 2b ausgebildet und in ein Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis durch eine Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnisberechnungseinheit 2g umgeformt.

20 Die Raddrehzahlabweichung wird in eine Druckdifferenzkriterienberechnungseinheit 2e über eine Raddrehzahlabweichungsdurchschnittsbildungseinheit 2c eingegeben. Eine Raddrehzahlabweichungsspeicherheit 2d speichert das Berechnungsergebnis von der  
25 Raddrehzahlabweichungsdurchschnittsbildungseinheit 2c und gibt es zu der Druckdifferenzkriterienberechnungseinheit 2e aus. Die Druckdifferenzkriterienberechnungseinheit 2e formt die eingegebenen Daten in ein Druckdifferenzkriterium um.

30 Zwischenzeitlich wird das Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis in einer Schlupfkriterienberechnungseinheit 2k über eine Berechnungsergebnisspeichereinheit 2h und eine  
35 Schlupfabweichungsberechnungseinheit 2i eingegeben. Eine Schlupfabweichungsspeichereinheit 2j speichert das



Berechnungsergebnis von der  
Schlupfabweichungsberechnungseinheit 2i und gibt es zu  
der Schlupfkriterienberechnungseinheit 2k aus. Die  
Schlupfkriterienberechnungseinheit 2k formt die  
5 eingegebenen Daten in ein Schlupfkriterium um. Die von  
der Druckdifferenzkriterienberechnungseinheit 2e und der  
Schlupfkriterienberechnungseinheit 2k ausgegebenen Daten  
werden in Kriteriendaten des Luftdruckzustandes umgeformt  
durch eine Luftdruckverringerungsbestimmungseinheit 2f  
10 und zu einer Alarmvorrichtung 3 ausgegeben.

Die Berechnungsverarbeitungseinheit 2 besteht aus  
einem Mikroprozessor oder ähnlichem und die oben  
beschriebenen jeweiligen Funktionen werden in einer  
15 Software ausgeführt. FIG. 20 zeigt einen  
Verarbeitungsfluß von der Raddrehzahlberechnung zu dem  
Warnen bezüglich einer Luftdruckverringerung, die durch  
die Berechnungsverarbeitungseinheit 2 ausgeführt wird.  
Bei Schritt 101 werden die Raddrehzahlen der jeweiligen  
20 Räder von den Anzahlen der Impulssignale von den  
jeweiligen Raddrehzahlsensoren 1a-1d berechnet, die in  
einer vorbestimmten Zeitperiode, z.B. 5 ms, durch Betrieb  
der Raddrehzahlberechnungseinheit 2a, die die  
Raddrehzahlerfassungseinrichtung zusammen mit den  
25 Raddrehzahlsensoren 1a-1d realisiert, eingegeben werden.  
Die Berechnung der Raddrehzahlen wird bei einer Periode  
von z.B. 0,5 sec durchgeführt. Als nächstes wird eine  
Anzahl von Berechnungen N um 1 inkrementiert.

Bei Schritt 102 wird die Radzahlabweichung D mit  
Gleichung (10) berechnet durch Betrieb der  
Raddrehzahlabweichungsberechnungseinheit 2b, d.h. der  
Rotationszustandswertberechnungseinrichtung.

Bei Schritt 103 wird das Vorder- zu Hinterrad-  
Drehzahlverhältnis  $\beta$  mit Gleichung (11) basierend auf den



Raddrehzahlen  $V_{FR}$ ,  $V_{FL}$ ,  $V_{RR}$  und  $V_{RL}$ , die in Schritt 102 verwendet werden, berechnet durch Betrieb der Schlupfabweichungsberechnungseinheit 2i, d.h. der Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlabweichungsberechnungseinrichtung.

5

Bei den Schritten 103 und 105 werden die Berechnungsergebnisse von Schritt 102 und 104 zeitweise in einem Speicher gespeichert durch Betrieb der Berechnungsergebnisspeichereinheit 2h. Die Parameter  $D(N)$  und  $\beta(N)$  sind Parameter, die einen Betrag  $n_0$  aufweisen, und die berechnete Raddrehzahlabweichung  $D$  und das Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis  $\beta$  werden zu den entsprechenden  $D(N)$  und  $\beta(N)$  gespeichert (Schritte 103, 105).

15

Bei Schritt 106 wird die Anzahl von Berechnungen  $N$  mit dem vorbestimmten Wert  $n_0$  verglichen. Wenn  $N < n_0$ , kehrt der Vorgang zu Schritt 101 zurück. Wenn  $N \geq n_0$ , d.h. wenn  $n_0$ -mal Berechnen und Halten (Schritte 102-105) der Raddrehzahlabweichung  $D$  und des Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnisses  $\beta$  durchgeführt wurden, fährt der Vorgang mit Schritt 107 fort.

Schritt 107 wird durch eine Regressionsberechnungseinrichtung durchgeführt, und Daten von  $n_0$ -Sätzen der Raddrehzahlabweichung  $D$  und des Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnisses  $\beta$  werden von dem Speicher gelesen und werden in eine Funktion erster Ordnung durch eine Methode der kleinsten Quadrate zurückentwickelt. Das heißt, die Steigung  $A$  der Regressionsgeraden ist durch eine Funktion  $F(D, \beta, n_0)$  aus  $\{D(N)\}$ ,  $\{\beta(N)\}$  und  $n_0$  gegeben, und daher wird berechnet und bestimmt, daß die Steigung die Schlupfabweichung  $A$ , d.h. ein Schlupfzustandswert, ist. Die Schlupfabweichung  $A$  zeigt eine Abhängigkeit von der



Raddrehzahlabweichung  $D$  in Bezug auf das Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis  $\beta$ .

Bei Schritt 108 werden  $n_0$  der Raddrehzahlabweichungen  $D(N)$  ( $N = 1$  bis  $n_0$ ) mit der Gleichung (12) gemittelt durch Betrieb der Raddrehzahlabweichungsmittelwertbildungseinheit 2c (die gemittelte Raddrehzahlabweichung ist ebenfalls mit  $D$  bezeichnet):

10

$$D = \frac{1}{n_0} \sum D(N) \quad \dots (12)$$

Als nächstes wird bestimmt, ob der Referenzwert  $D_{std}$  der Raddrehzahlabweichung  $D$  erfaßt wurde (Schritt 109), und wenn er nicht erfaßt wurde, wird bestimmt, daß die Schlupfabweichung  $A$  und die Raddrehzahlabweichung  $D$ , die in den Schritten 107 und 108 berechnet wurden, jeweils der Referenzwert  $A_{std}$  der Schlupfabweichung und der Referenzwert  $D_{std}$  der Raddrehzahlabweichung sind (Schritte 110, 111), und der Vorgang kehrt zu Schritt 101 zurück. Das heißt, der Referenzwert  $A_{std}$  der Schlupfabweichung und der Referenzwert  $D_{std}$  der Raddrehzahlabweichung sind die Schlupfabweichung  $A$  und die Raddrehzahlabweichung  $D$ , welche nach dem Start der Vorrichtung zuerst berechnet wurden und im wesentlichen der Schlupfabweichungswert  $A$  und die Raddrehzahlabweichung  $D$  beim Starten der Vorrichtung sind, d.h. der Referenzzeitpunkt.

Wenn die Referenzwerte  $A_{std}$  und  $D_{std}$  gesetzt sind, fährt der Vorgang danach von den Schritten 109-112 fort (FIG. 21). Bei Schritt 112 wird durch Betrieb der Druckdifferenzkriterienberechnungseinheit 2e das Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$  mit der Gleichung (13) berechnet. Entsprechend dem Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$

wird die aktuelle Raddrehzahlabweichung  $D$  mit dem Referenzwert  $D_{std}$  als ein Offsetbetrag korrigiert, und aufgrund der Korrektur wird der Einfluß der Reifenabnutzungszustände der jeweiligen Räder beim Starten der Vorrichtung, die in der Raddrehzahlabweichung  $D$  enthalten ist, entfernt. Die Veränderung des Reifenluftdruckzustands vom Start der Vorrichtung ist in dem Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$  widergespiegelt.

10 
$$\Delta D = D_{std} - D \quad (\dots(13))$$

Die Schritte 113-121 werden durch die Anomaliebestimmungseinrichtung durchgeführt. Bei Schritt 113 wird der Betrag  $|\Delta D|$  des Druckdifferenzkriteriums  $\Delta D$  mit dem Schwellenwert  $D_{sh}$  verglichen, der ein oberer Grenzwert ist. Der Schwellenwert  $D_{sh}$  ist ein Wert, der als Luftdruckverringerung bestimmt werden kann und der zuvor durch Experimente oder dergleichen gesetzt wurde und in dem Speicher der Berechnungsverarbeitungseinheit 2 gespeichert wurde.

Wenn  $|\Delta D|$  kleiner als  $D_{sh}$  ist, wird bestimmt, daß der Reifenluftdruck normal ist. Wenn andererseits  $|\Delta D|$  größer als  $D_{sh}$  ist, wird bestimmt, daß der Reifenluftdruck verringert ist, und der Vorgang fährt mit Schritt 114 fort.

Bei Schritt 114 wird durch Betrieb der Schlupfkriterienberechnungseinheit 2k das Schlupfkriterium  $\Delta A$  mit der Gleichung (14) berechnet. Es wird bestimmt, daß das Schlupfkriterium  $\Delta A$  eine Differenz zwischen der Schlupfabweichung  $A$  und dem Referenzwert  $A_{st}$  ist, um den Einfluß von Reifenabnutzungszuständen der jeweiligen Räder beim Starten der Vorrichtung zu entfernen, wie in dem Fall des Druckdifferenzkriteriums  $\Delta D$ .

$$\Delta A = A_{std} - A$$

...(14)

Bei Schritt 115 wird der Grad an Positivität oder  
5 Negativität des Druckdifferenzkriteriums  $\Delta D$  bestimmt.  
Wenn das Druckdifferenzkriterium  $\Delta D$  negativ ist, wird die  
Raddrehzahl  $V_{FL}$  des linken Vorderrades (FL) oder die  
Raddrehzahl  $V_{RR}$  des rechten Hinterrades (RR) erhöht, und  
dementsprechend wird bestimmt, daß der Reifenluftdruck  
10 des linken Vorderrades (FL) oder des rechten Hinterrades  
(RR) verringert wurde, und der Vorgang fährt mit Schritt  
116 fort. Bei Schritt 116 wird bestimmt, ob das  
Schlupfkriterium  $\Delta A$  als 0 erkannt wird. Wenn das  
Schlupfkriterium  $\Delta A$  als 0 erkannt wird, ist ein  
15 angetriebenes Rad mit einem verringerten Reifenluftdruck  
ausgestattet, und ein Alarmsignal, das vor einer  
Verringerung des Reifenluftdruckes des linken Vorderrades  
(FL) warnt, wird zu der Alarmvorrichtung 3 ausgegeben  
(Schritt 117). Wenn das Schlupfkriterium  $\Delta A$  nicht als 0  
20 erkannt wird, ist ein Antriebsrad mit dem verringerten  
Reifenluftdruck ausgestattet, und ein Alarmsignal, das  
vor einer Verringerung des Reifenluftdruckes des rechten  
Hinterrades (RR) warnt, wird zu der Alarmvorrichtung 3  
ausgegeben (Schritt 118).

25

Wenn das Druckkriterium  $\Delta D$  bei Schritt 115 positiv  
ist, wird die Raddrehzahl  $V_{FR}$  des rechten Vorderrades  
(FR) oder die Raddrehzahl  $V_{RL}$  des linken Hinterrades (RL)  
erhöht, und dementsprechend wird bestimmt, daß der  
30 Luftdruck des rechten Vorderrades (FR) oder des linken  
Hinterrades (RL) verringert ist, und der Vorgang fährt  
mit Schritt 119 fort. Wenn das Schlupfkriterium  $\Delta A$  als 0  
erkannt wird, ist ein angetriebenes Rad mit dem  
verringerten Reifenluftdruck ausgestattet, und ein  
35 Alarmsignal, das vor einer Verringerung des Luftdrucks  
des rechten Vorderrades (FR) warnt, wird zu der

Alarmvorrichtung 3 ausgegeben (Schritt 120). Wenn das Schlupfkriterium  $\Delta A$  nicht als 0 erkannt wird, ist ein Antriebsrad mit dem verringerten Reifenluftdruck ausgestattet, und ein Alarm, der vor der Verringerung des Luftdruckes des linken Hinterrades (RL) warnt, wird zu der Alarmvorrichtung 3 ausgegeben (Schritt 121).

Wie oben beschrieben, kann gemäß dieser Ausführungsform das Rad mit verringertem Reifenluftdruck von den jeweiligen Raddrehzahlen der vier Räder bestimmt werden.

(Fünfte Ausführungsform)

FIG. 22 zeigt eine Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung gemäß der fünften bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Berechnungsverarbeitungseinheit 2 der vierten Ausführungsform wird durch eine andere Berechnungsverarbeitungseinheit 2A ersetzt. Ein Verarbeitungsfluß von der Raddrehzahlberechnung bis zur Warnung bezüglich einer Luftdruckverringerung, die in der Berechnungsverarbeitungseinheit 2A ausgeführt wird, ist in den FIGN. 23 und 24 gezeigt. In diesen Zeichnungen sind Teile, die dieselben Nummern wie in den FIGN. 19-21 aufweisen, ähnlich, und daher wird eine Erläuterung mit Konzentration auf die Unterschiede davon zur vierten Ausführungsform gegeben. Entsprechend der Berechnungsverarbeitungseinheit 2A der FIG. 22 wird die Schlupfkriterienberechnungseinheit 2k der FIG. 19 weggelassen, und eine Raddrehzahlabweichungskorrektureinheit 2m zum Eingeben der jeweiligen Ausgaben von der Raddrehzahlabweichungsberechnungseinheit 2b, der Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnisberechnungseinheit 2g und der Berechnungsergebnisspeichereinheit 2h ist an der Vorstufe

der Raddrehzahlabweichungsmittelwertbildungseinheit 2c bereitgestellt.

In FIG. 23 werden die dem Schritt 107 nachfolgenden Schritte 201 und 202, wo die Schlupfabweichung A berechnet wird, durch die Rotationszustandskorrekturereinrichtung durchgeführt. Bei Schritt 201 wird  $D(N)$  durch Betrieb der Raddrehzahlabweichung 2m mit der Gleichung (15) korrigiert. In der Gleichung (15) bezeichnet  $D'(N)$  die Raddrehzahlabweichung nach der Korrektur und ist eine Anordnung, die den Betrag von  $n_0$  aufweist.

$$D'(N) = D(N) + A(1-\beta) \quad \dots (15)$$

15

FIG. 24 ist eine Darstellung, die die Korrektur der Raddrehzahlabweichung D durch Gleichung (14) erläutert. Die gestrichelte Linie ist eine Regressionsgerade, basierend auf  $n_0$ -Sätzen von Raddrehzahlabweichungen D und den Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnissen  $\beta$ .  $A(1-\beta)$  in Gleichung (15) bezeichnet einen Betrag der Raddrehzahlabweichung D auf der Regressionsgeraden, wenn das Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis  $\beta$  von  $\beta$  auf 1 verändert wird, d.h. den Referenzwert. Das heißt, entsprechend Gleichung (14) werden die jeweiligen Raddrehzahlabweichungen  $D(N)$  parallel entlang der Regressionsgeraden verschoben, wodurch der Wert zu dem Wert des Vorder- zu Hinterrad-Verhältnisses  $\beta=1$  korrigiert wird. Hier bezeichnet 1 das Vorder- zu Hinterrad-Drehzahlverhältnis  $\beta$ , wenn die Antriebsräder nicht rutschen, und obwohl das Verhältnis vorzugsweise der Referenzwert ist, ist die vorliegende Erfindung nicht notwendigerweise darauf begrenzt und kann modifiziert werden, solange das nicht dem Kern der vorliegenden Erfindung widerspricht.

35



Bei Schritt 202 werden durch Betrieb der Raddrehzahlabweichungsdurchschnittsbildungseinheit 2c die Daten der Raddrehzahlabweichungen  $D'(N)$  durch die Gleichung (16) gemittelt.

5

$$D' = \frac{1}{n_0} D'(N) \quad \dots (16)$$

Als nächstes wird bestimmt, ob der Referenzwert  $D'_{std}$  der Raddrehzahlabweichung  $D'$  erfaßt wurde (Schritt 203),  
 10 und wenn es nicht bestimmt wurde, wird bestimmt, daß die Raddrehzahlabweichung  $D'$ , die bei Schritt 202 berechnet wurde, der Referenzwert  $D'_{std}$  der Raddrehzahlabweichung (Schritt 204) ist, und der Vorgang kehrt zu Schritt 101 zurück.

15

Wenn  $D_{std}$  einmal gesetzt ist, fährt der Vorgang danach von den Schritten 203 zu 205 fort (FIG. 25). Bei Schritt 205 wird durch Betrieb der Druckdifferenzkriterienberechnungseinheit 2e das  
 20 Druckdifferenzkriterium  $\Delta D'$  mit Gleichung (17) berechnet:

$$\Delta D' = D'_{std} - D'$$

Die Schritte 206-209 werden durch die  
 25 Luftdruckverringerungsbestimmungseinheit 2f durchgeführt, d.h. die Anomaliebestimmungseinrichtung. Bei Schritt 206 wird der Betrag  $|\Delta D'|$  des Druckdifferenzkriteriums  $\Delta D'$  mit dem Schwellenwert  $D'_{sh}$  verglichen, d.h. einem oberen Grenzwert. Der Schwellenwert  $D'_{sh}$  ist ein Wert, der die  
 30 Verringerung des Luftdruckes bestimmen kann, und ist in dem Speicher der Berechnungsverarbeitungseinheit 2A gespeichert durch vorheriges Setzen durch Experimente oder dergleichen.

3



20

nicht rutschen, und selbst wenn der Schlupfstatus durch eine Veränderung der Antriebskraft, die zu den Antriebsrädern übertragen wird, verteilt ist, wird der Einfluß entfernt, und dementsprechend bleibt die Verteilung der Raddrehzahlabweichung D klein, selbst wenn der Reifenluftdruck verringert ist. Daher ist gemäß der Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung dieser Ausführungsform die Erfassungsgewißheit für die Verringerung des Reifenluftdrucks hoch.

10

(Sechste Ausführungsform)

FIG. 27 zeigt eine Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung gemäß einer sechsten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Berechnungsverarbeitungseinheit 2 in der vierten Ausführungsform wird durch eine andere Berechnungsverarbeitungseinheit 2B ersetzt. Die funktionale Beschaffenheit der Berechnungsverarbeitungseinheit 2B ähnelt der der fünften Ausführungsform. Ein Verarbeitungsfluß von der Raddrehzahlberechnung zur Warnung vor einer Luftdruckverringerung, die in der Berechnungsverarbeitungseinheit 2B ausgeführt wird, ist in den FIGN. 28 und 29 gezeigt. In diesen Figuren sind Teile, die dieselben Nummern wie in den FIGN. 19-21 und den FIGN. 22-24 aufweisen, ähnlich, und dementsprechend wird eine Erläuterung mit Konzentration auf die Unterschiede davon von der vierten und fünften Ausführungsform gegeben. In FIG. 27 werden Daten, die von der Raddrehzahlabweichungsberechnungseinheit 2b ausgegeben werden, zu der Berechnungsergebnisspeichereinheit 2h und der Raddrehzahlabweichungsmittelwertbildungseinheit 2c über die Raddrehzahlabweichungskorrektureinheit 2m eingegeben. Daten von der Schlupfabweichungsberechnungseinheit 2i

werden zu der Raddrehzahlabweichungskorrektureinheit 2m  
eingegeben.

Bei Schritt 203 von FIG. 28 werden, wenn der  
5 Referenzwert  $D'_{std}$  der Raddrehzahlabweichung  $D'$  erfaßt  
wurde, der Schlupfabweichungswert  $A$  und die  
Raddrehzahlabweichung  $D'$ , die in den Schritten 107 und  
202 berechnet werden, jeweils als Referenzwert  $A_{std}$  des  
Schlupfabweichungswertes und als Referenzwert  $D'_{std}$  der  
10 Raddrehzahlabweichung bestimmt (Schritte 110, 204), und  
der Vorgang kehrt zu Schritt 101 zurück.

Wenn der Referenzwert  $A_{std}$  des  
Schlupfabweichungswertes und der Referenzwert  $D'_{std}$  der  
15 Raddrehzahlabweichung einmal gesetzt wurden, fährt der  
Vorgang von Schritt 203 zu Schritt 205 fort (FIG. 29),  
und das Druckdifferenzkriterium  $\Delta D'$  wird berechnet.

Die Prozedur bei Schritt 206 und danach wird durch  
20 die Luftdruckverringerungsbestimmungseinheit 2f  
durchgeführt, d.h. die Anomaliebestimmungseinrichtung.  
Wenn  $|\Delta D'|$  größer als  $D'_{sh}$  ist, wird bestimmt, daß der  
Reifenluftdruckzustand anomal ist, und der Vorgang fährt  
mit Schritt 114 fort. Die Prozedur bei Schritt 114 und  
25 danach ist im wesentlichen die gleiche wie die Prozedur  
bei Schritt 114 und danach in FIG. 21, und bei Schritt  
207 anstelle von Schritt 115 von FIG. 18, wird der Grad  
der Positivität oder Negativität des  
Druckdifferenzkriteriums  $\Delta D'$  bestimmt.

30

Entsprechend der Ausführungsform werden nicht nur die  
Wirkungen der vierten und fünften Ausführungsformen  
bereitgestellt, sondern eine herausragende Wirkung ist  
ebenso bereitgestellt, wo die Berechnungslast nicht  
35 übermäßig groß ist, da die Funktionen von wesentlichen

Teilen der vierten und fünften Ausführungsformen kombiniert sind.

Obwohl die vorliegende Erfindung vollständig in Bezug auf die bevorzugten Ausführungsformen davon beschrieben wurden mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen, wird angemerkt, daß verschiedene Änderungen und Modifikationen für den Fachmann offensichtlich sind.

10 Zum Beispiel ist die vorliegende Erfindung ebenso auf eine Vorrichtung anwendbar, wo der Luftdruckzustand eines Reifens durch einen anderen Rotationszustandswert bestimmt ist, der von dem in Gleichung (10) unterscheidbar ist.

15 Obwohl der Reifenluftdruckzustand durch das Druckdifferenzkriterium oder das Schlupfkriterium bestimmt wird (Schritte 112, 115 oder dergleichen), kann er durch die Raddrehzahlabweichung und den  
20 Schlupfabweichungswert bestimmt werden. In diesem Fall ist der Reifenluftdruckzustand in dem Ausgangszustand bekannt.

Obwohl der Luftdruckzustand des Reifens durch  
25 Erfassung durch die Druckdifferenzbestimmung in dem Bereich bestimmt wird, wo die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  die Grenzggeschwindigkeit  $V_{sh}$  überschreitet, kann der Luftdruckzustand des Reifens in dem Bereich bestimmt werden, der in dem Abschnitt vor der Beschreibung der  
30 vierten Ausführungsform beschrieben ist.

Solche Veränderungen und Modifikationen sollen so verstanden werden, daß sie in dem Bereich der vorliegenden Erfindung, wie sie in den beiliegenden  
35 Ansprüchen definiert ist, enthalten sind.



### Ansprüche

1. Eine Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung mit:
- 5 Raddrehzahlerfassungseinrichtung (1a-1d, 2a) zum Erfassen von Raddrehzahlen der jeweiligen Räder eines frontgetriebenen oder eines heckgetriebenen Fahrzeugs;
- Rotationszustandsberechnungseinrichtung (2b) zum Berechnen eines Rotationszustands abhängig von einer
- 10 Abweichung zwischen einer Raddrehzahlabweichung zwischen dem linken und rechten Vorderrad und einer Raddrehzahlabweichung zwischen dem linken und rechten Hinterrad basierend auf den von der Raddrehzahlerfassungseinrichtung (1a-1d, 2a) erfaßten
- 15 Raddrehzahlen;
- Anomaliebestimmungseinrichtung (1101-1121) zum Vergleichen einer Größe des Rotationszustandswertes mit einem zuvor gesetzten oberen Grenzwert, die bestimmt, ob die Raddrehzahl eines Antriebsrads auf der rechten Seite oder
- 20 eines angetriebenen Rades auf der linken Seite höher ist, oder ob die Raddrehzahl eines Antriebsrads auf der linken Seite oder eines angetriebenen Rades auf der rechten Seite höher ist, von einem Grad von Positivität oder Negativität des Rotationszustandswertes, wenn der Rotationszustandswert
- 25 den oberen Grenzwert überschreitet, und Spezifizieren der zwei Räder, die bestimmt wurden, höhere Raddrehzahlen aufzuweisen als die Räder, die verringerte Reifenluftdrücke aufweisen;
- wobei die Anomaliebestimmungseinrichtung (1101-1121)
- 30 enthält,
- eine Vorder- zu Hinterraddrehzahlabweichungsberechnungseinrichtung (1102) zum Berechnen einer Raddrehzahlabweichung zwischen den Vorder- und Hinterrädern basierend auf den Raddrehzahlen, die durch die Raddreh-
- 35 zahlerfassungseinrichtung (1a-1d, 2a) erfaßt werden,
- eine Regressionsberechnungseinrichtung (1107) zum Durchführen einer Regressionsberechnung zum Zurückbilden

des Rotationszustandswertes, der durch die Rotationszustandswertberechnungseinrichtung (2b) berechnet wird, und der Raddrehzahlabweichung zwischen den Vorder- und Hinterrädern, die durch die Vorder- zu Hinterraddrehzahlabweichungsberechnungseinrichtung (1102) berechnet wird, auf eine Funktion erster Ordnung, und  
eine Rotationszustandswertkorrekturereinrichtung (1202) zum Korrigieren des Rotationszustandswertes, der durch die Rotationszustandswertberechnungseinrichtung (2b) berechnet wird, auf einen Rotationszustandswert bei einem Referenzwert der Raddrehzahlabweichung zwischen den Vorder- und Hinterrädern basierend auf einem Ergebnis der Regressionsberechnung durch die Regressionberechnungseinrichtung (1107); und  
der Rotationszustandswert in der Anomaliebestimmungseinrichtung (1101-1121) ist bestimmt, der Rotationszustandswert zu sein, der durch die Rotationszustandswertkorrekturereinrichtung (1202) korrigiert ist.

20

2. Die Reifenluftdruckerfassungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei:

eine Steigung der Funktion erster Ordnung in der Regressionberechnungseinrichtung (1107) bestimmt ist, ein Schlupfzustandswert zu sein, der einen Schlupfzustand des Rades darstellt;  
die Anomaliebestimmungseinrichtung (1101-1121) zum Bestimmen des Rades als angetriebenes Rad dient, das den verringerten Reifenluftdruck in den zwei Rädern aufweist, wenn der Schlupfzustandswert als 0 erkannt wird, und zum Bestimmen des Rades als Antriebsrad, das den verringerten Reifenluftdruck in den zwei Rädern aufweist, wenn der Schlupfzustandswert nicht als 0 erkannt wird.

697 14 930.7

DENSO CORPORATION UND NIPPON SOKEN INC.

FIG. 1

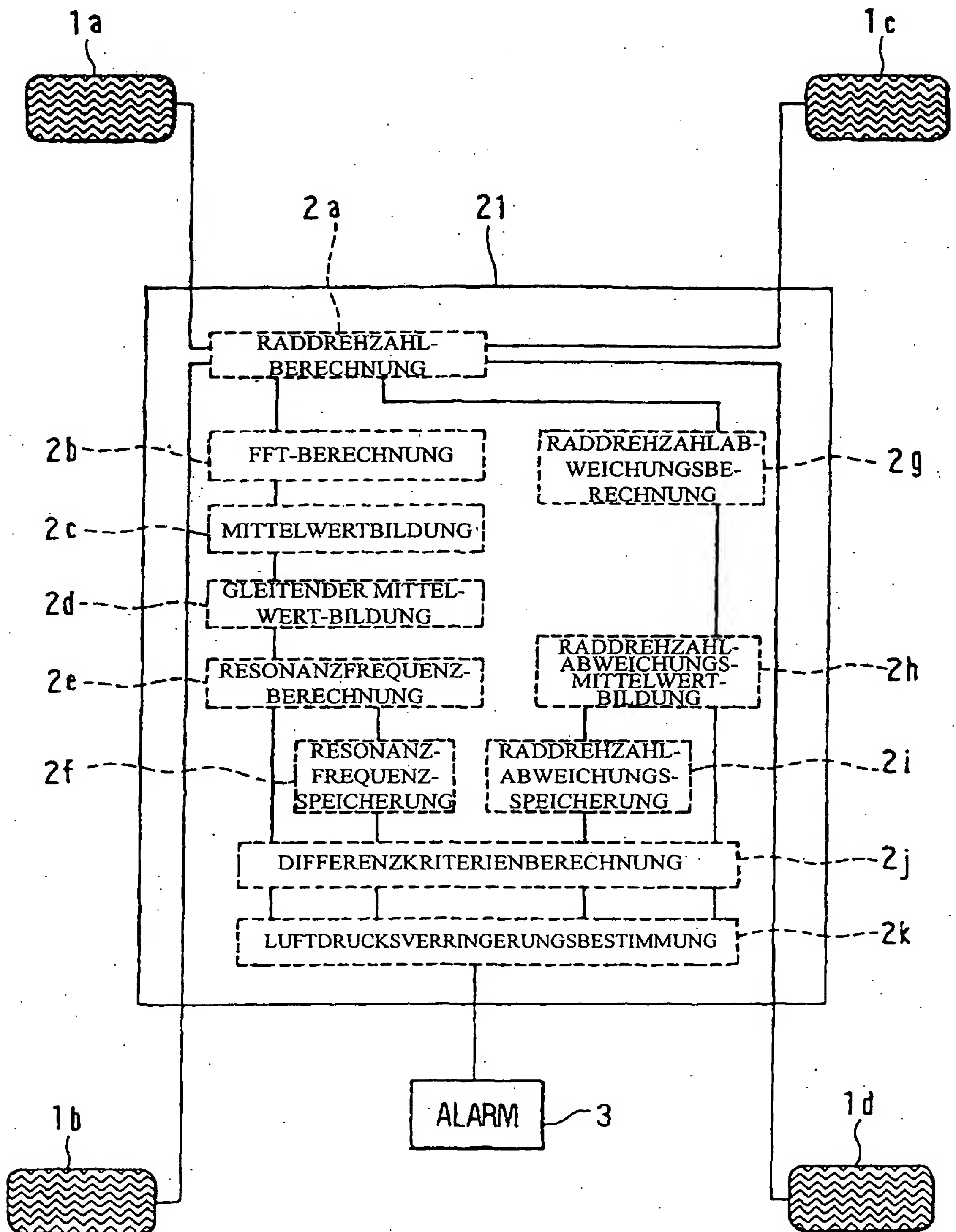


FIG. 2

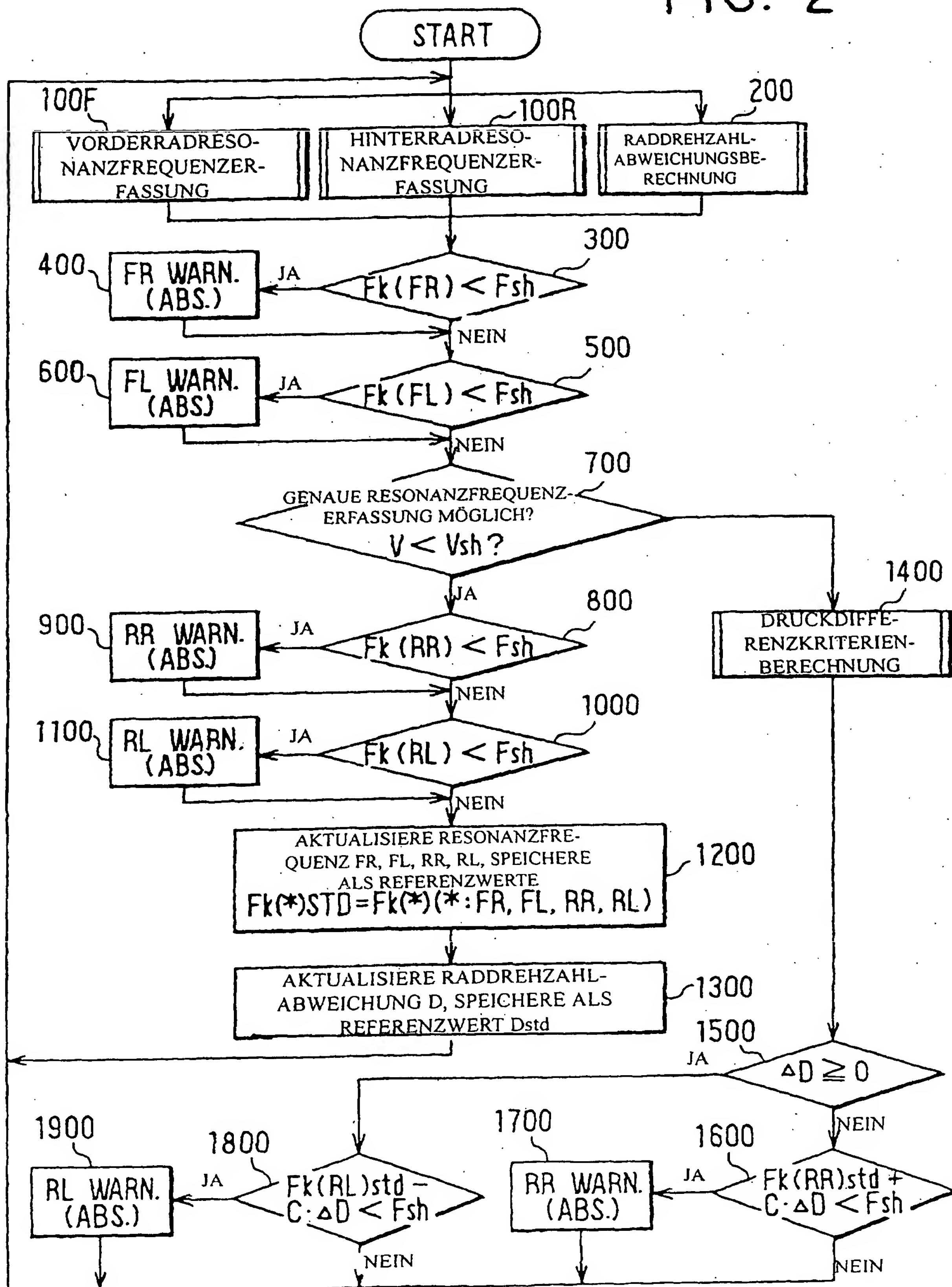


FIG. 3

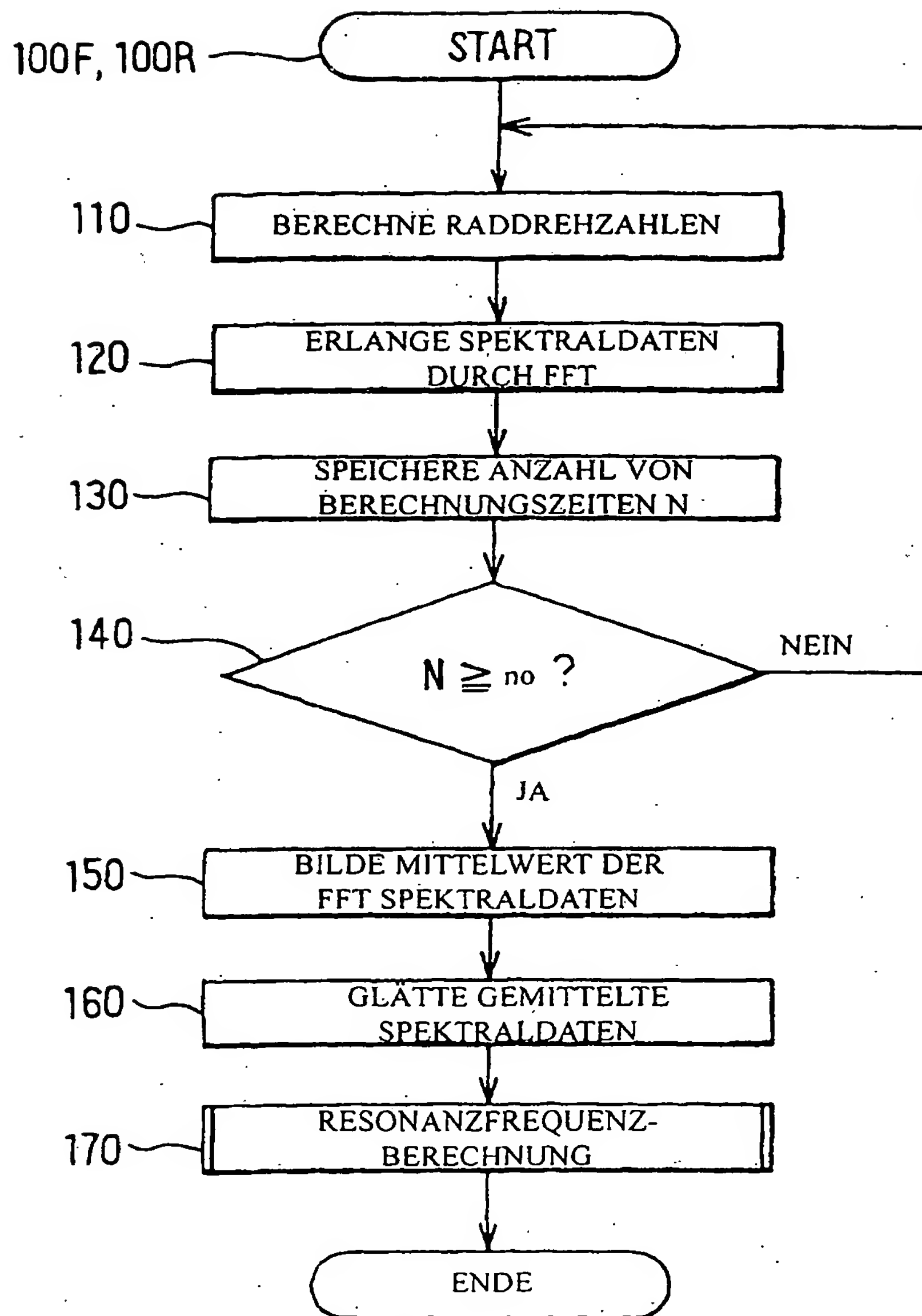




FIG. 4

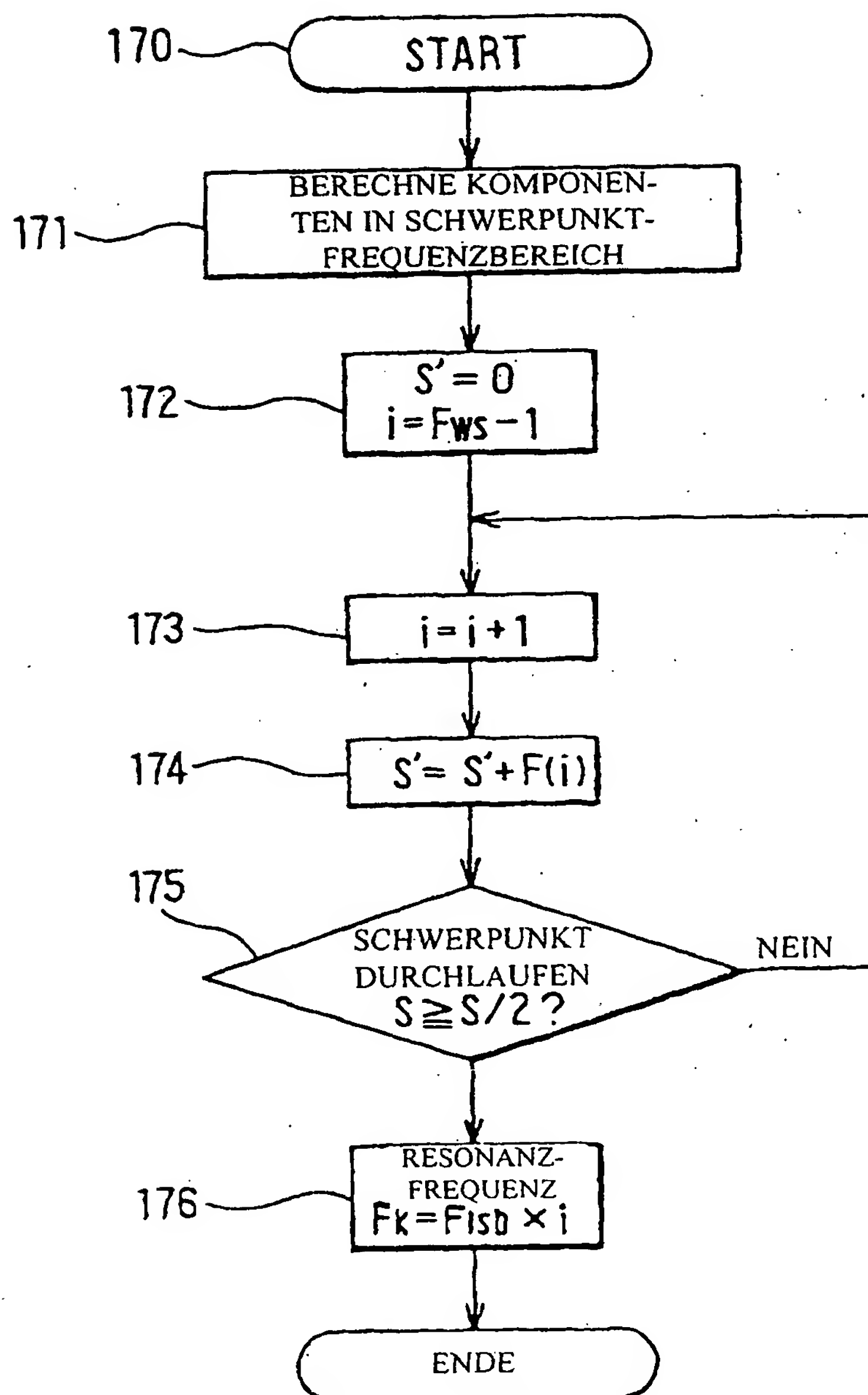


FIG. 5

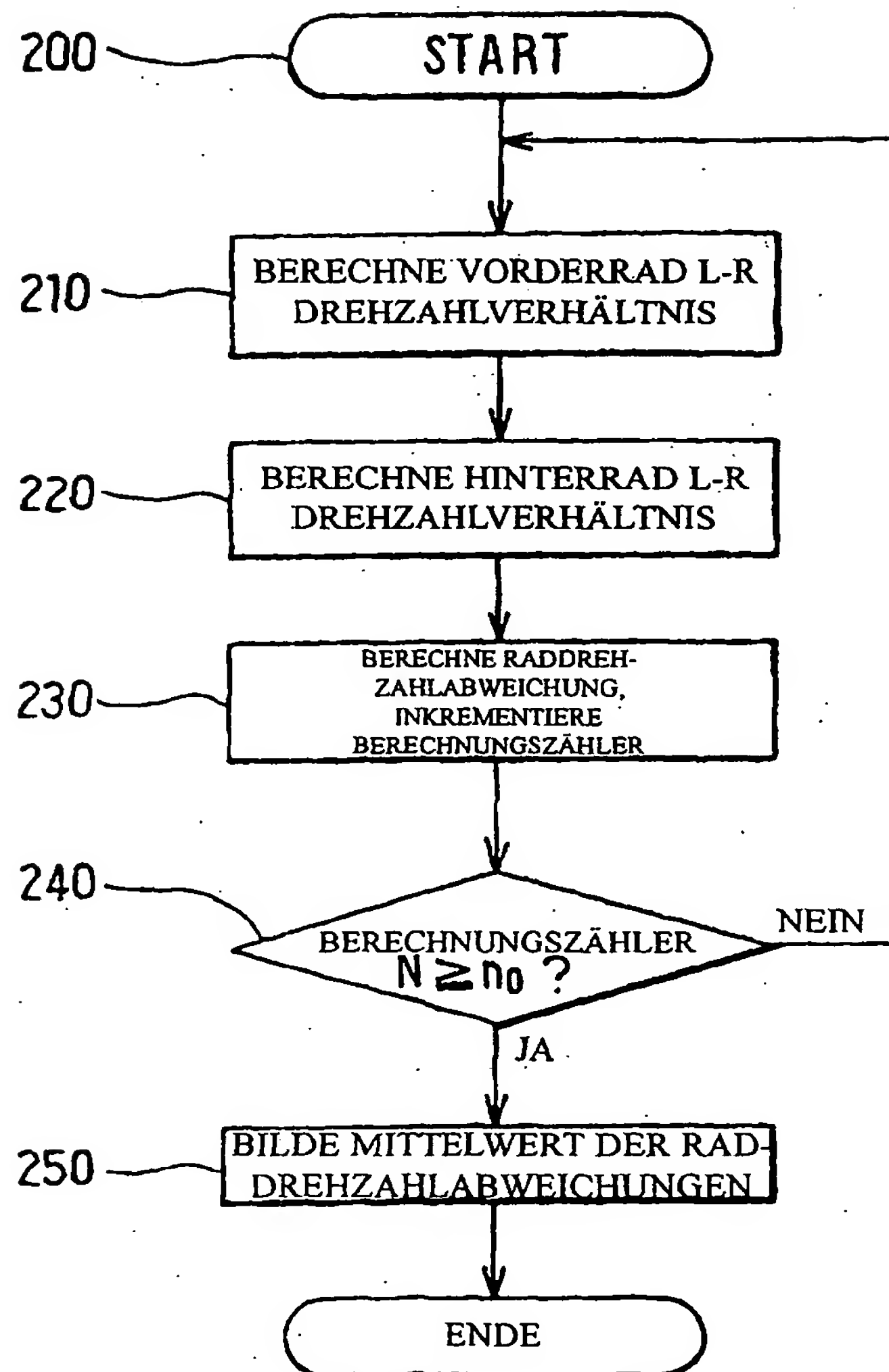
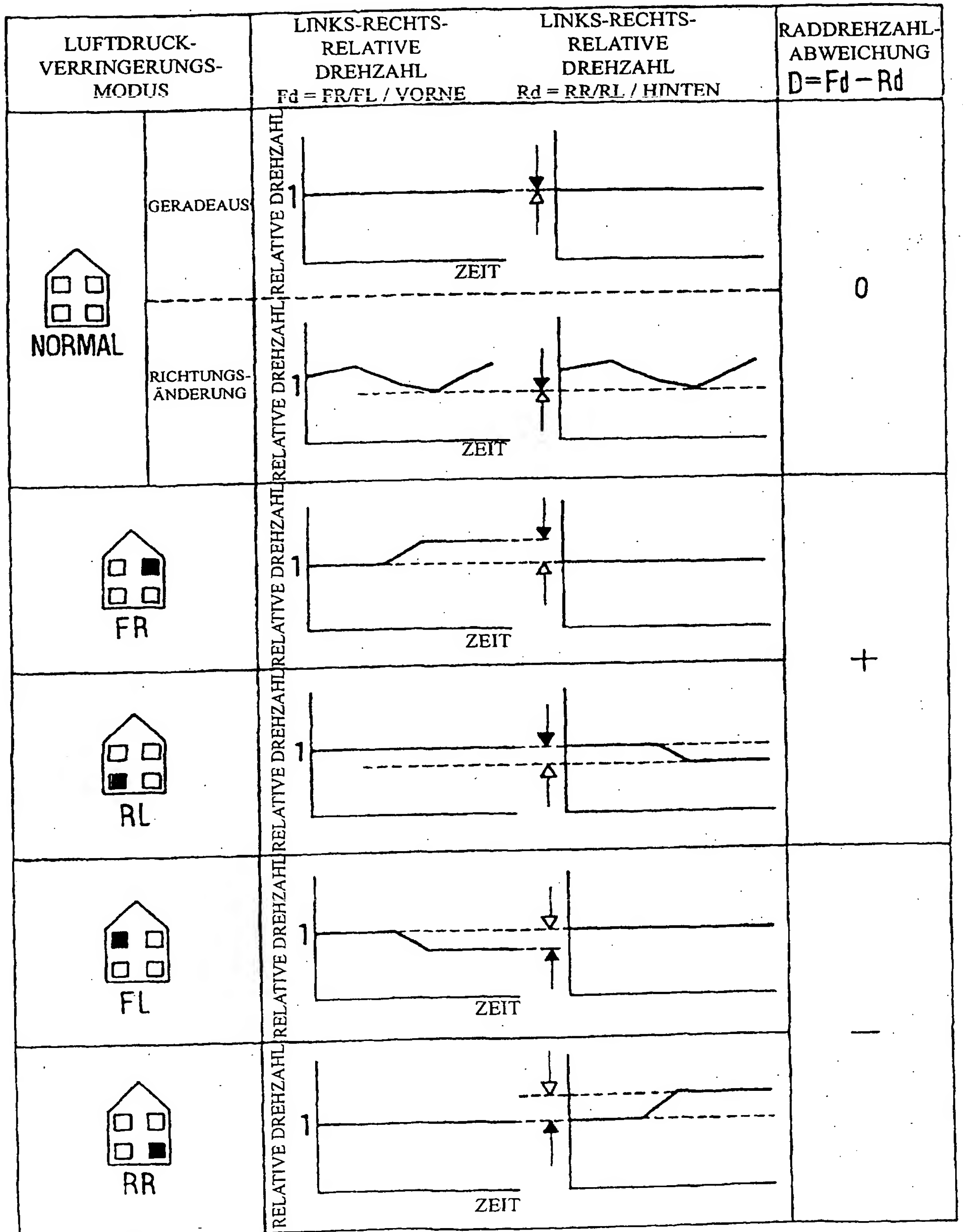


FIG. 6



7/26

FIG. 7

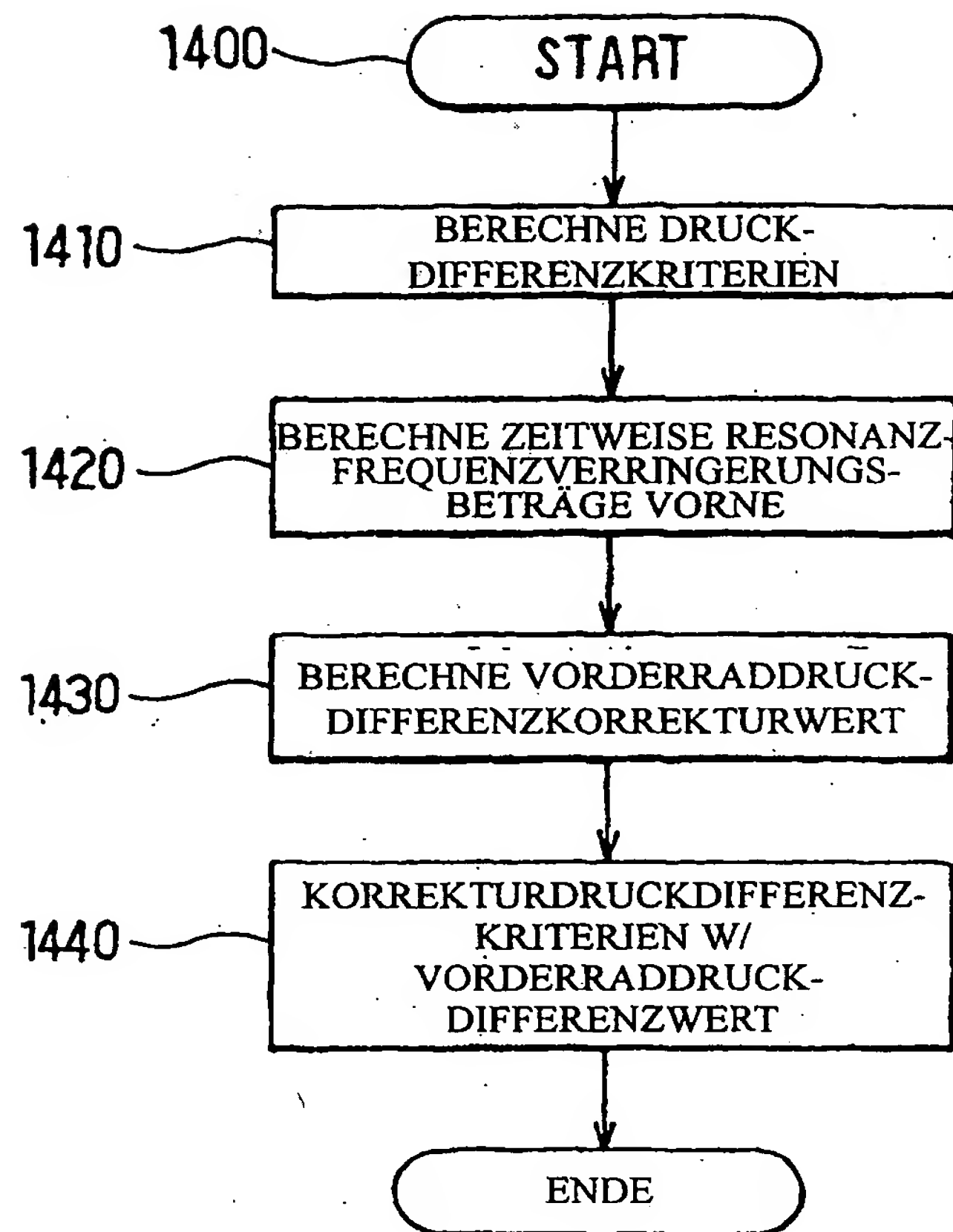
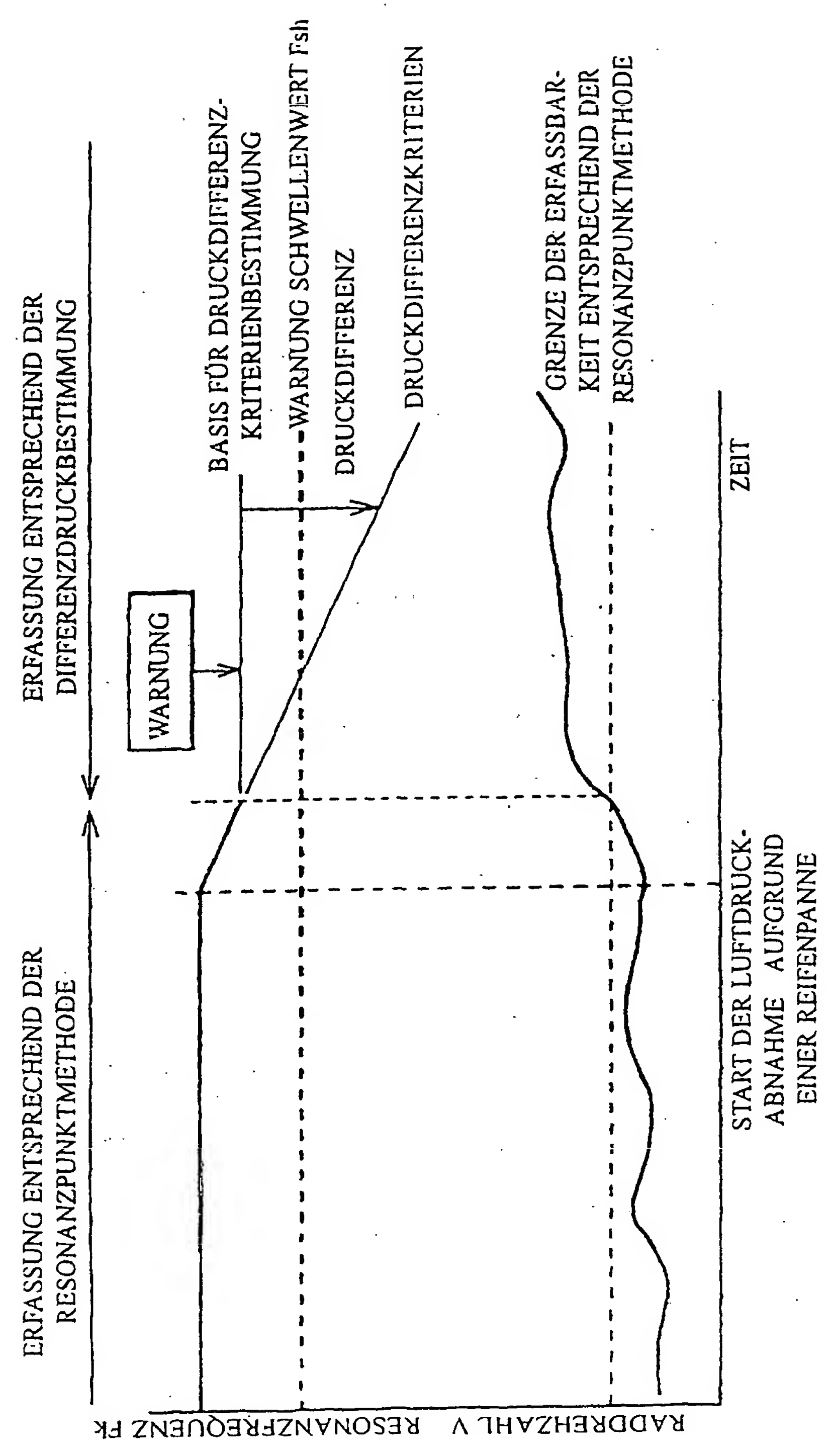


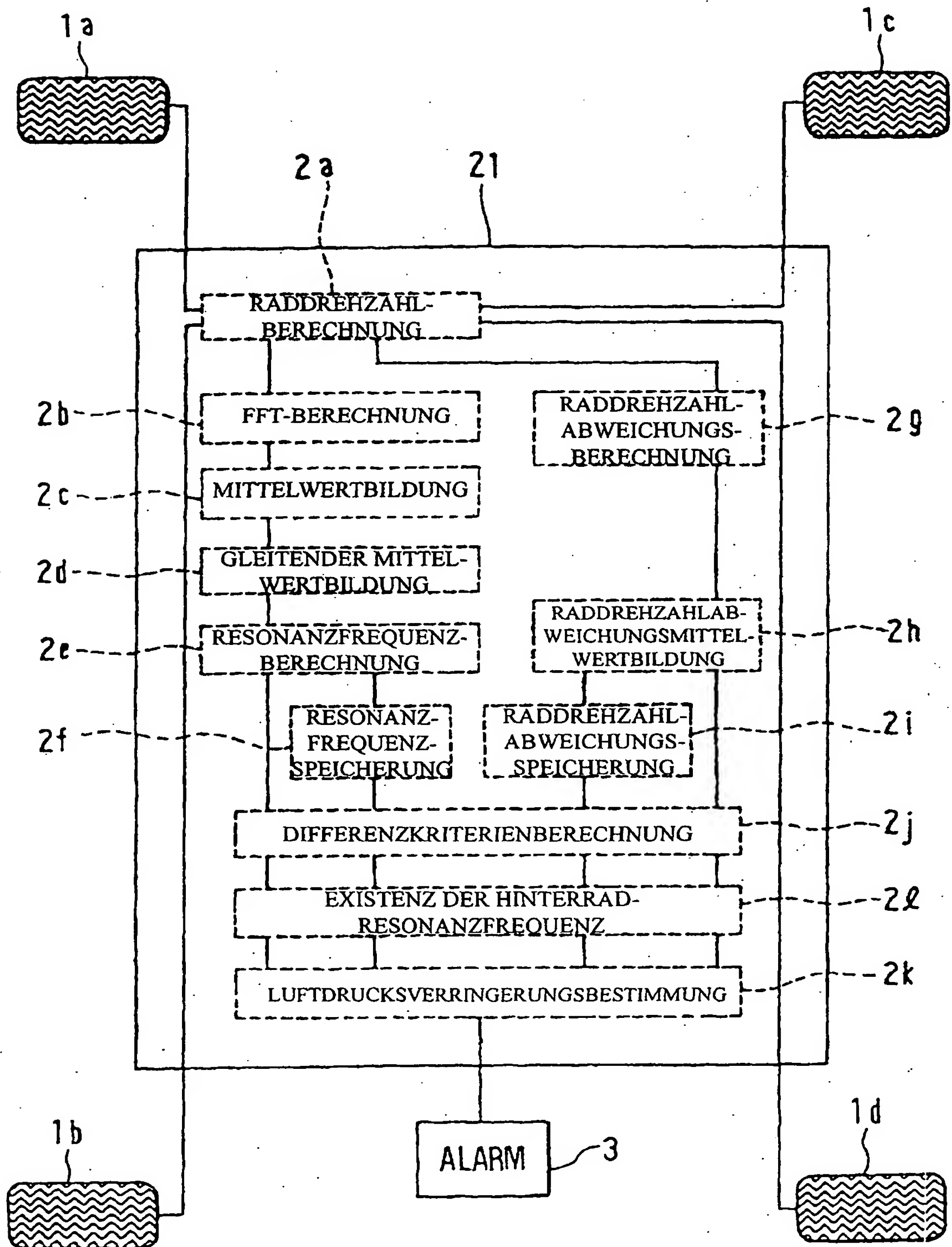
FIG. 8





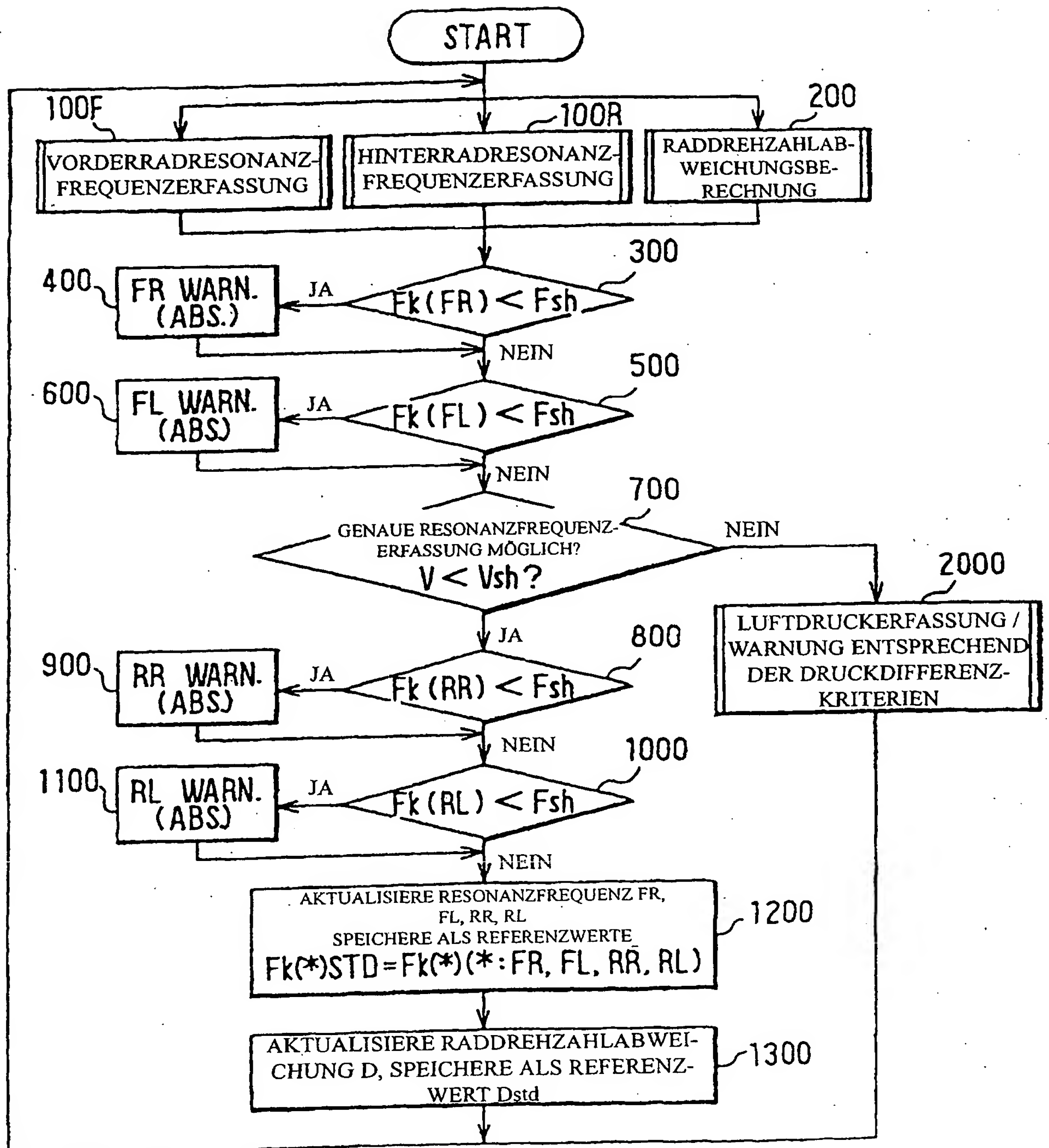
9/26

FIG. 9



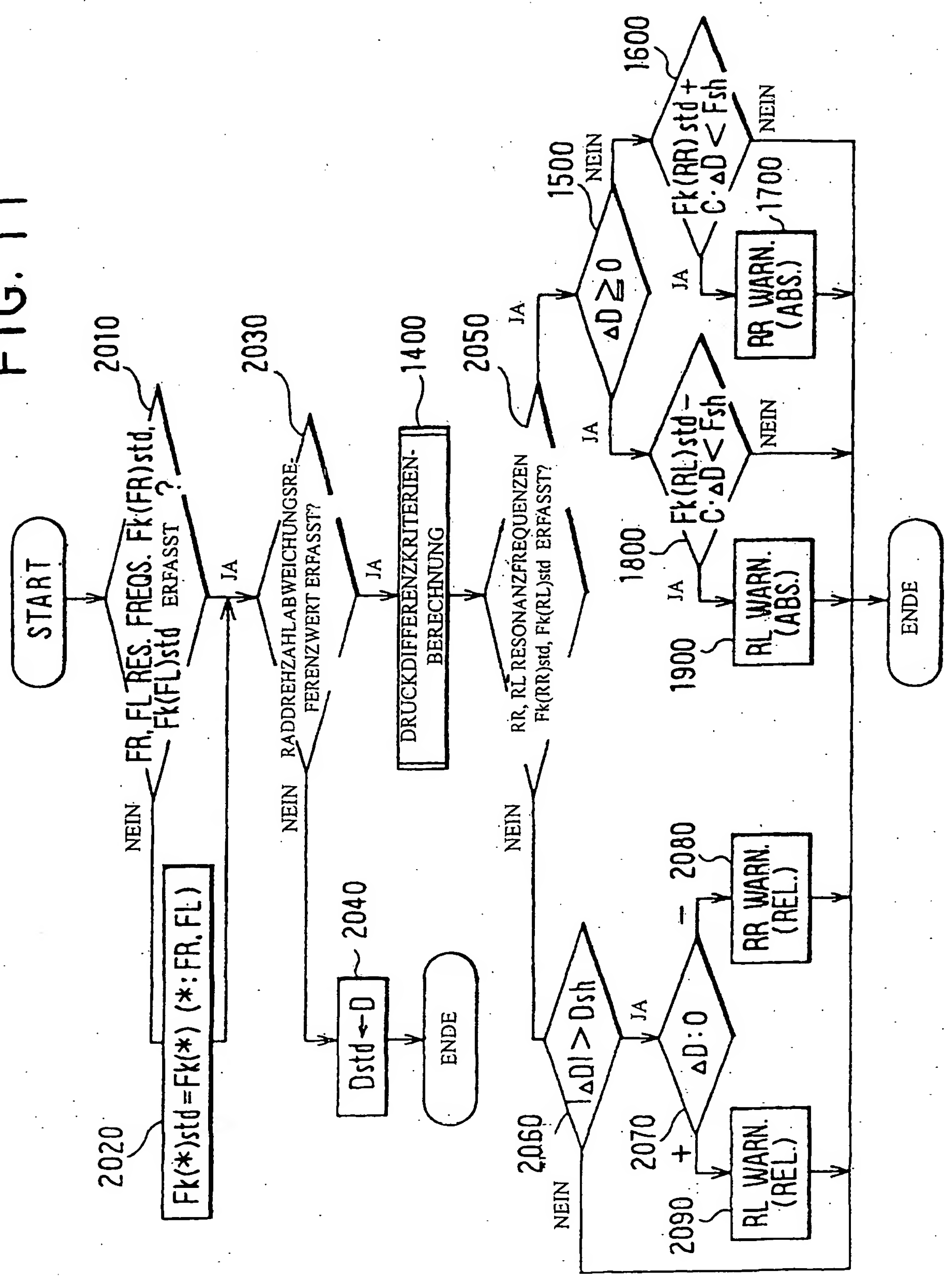
10/26

FIG. 10



201100

FIG. 11



12/26

FIG. 12

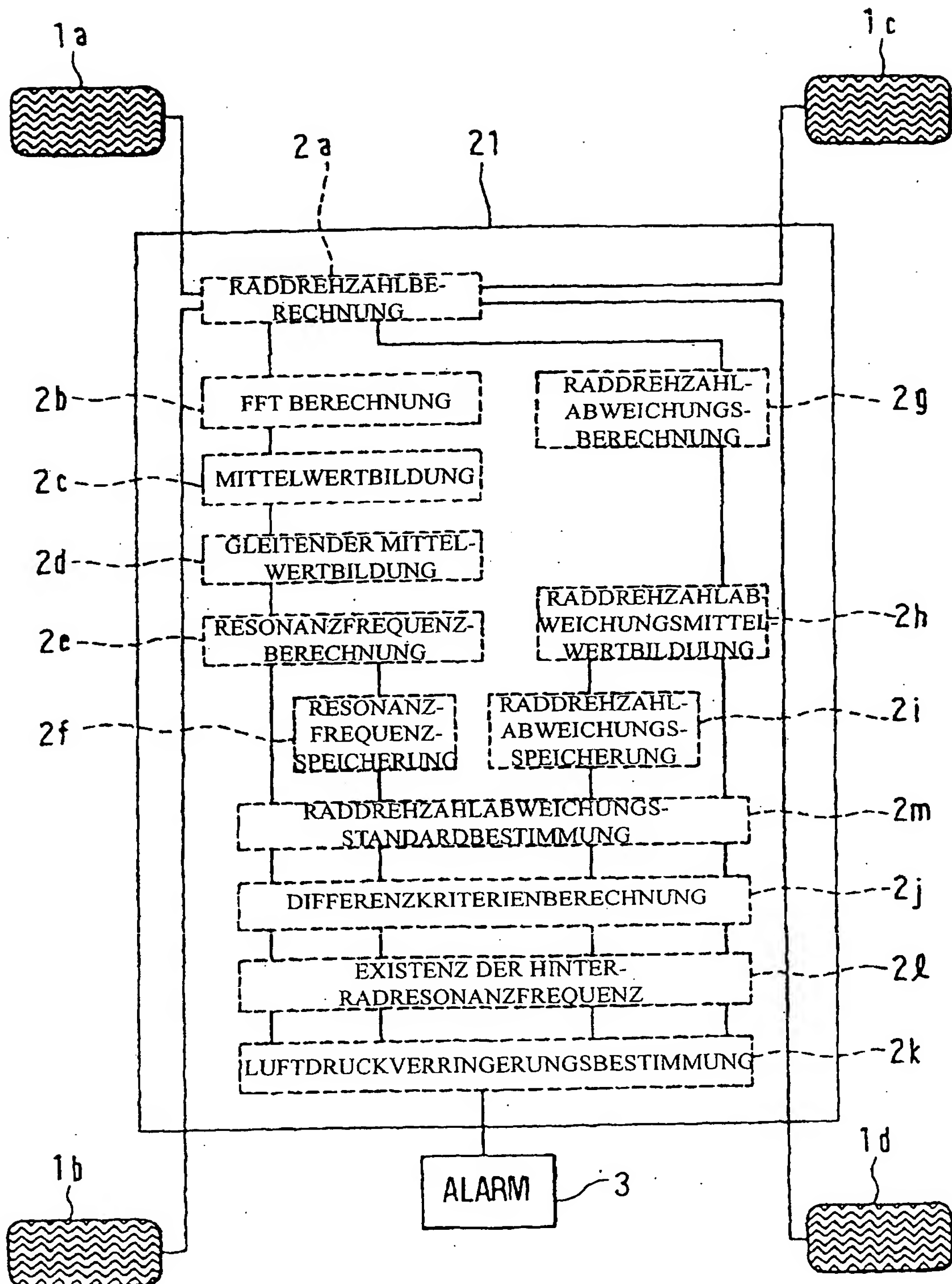


FIG. 13

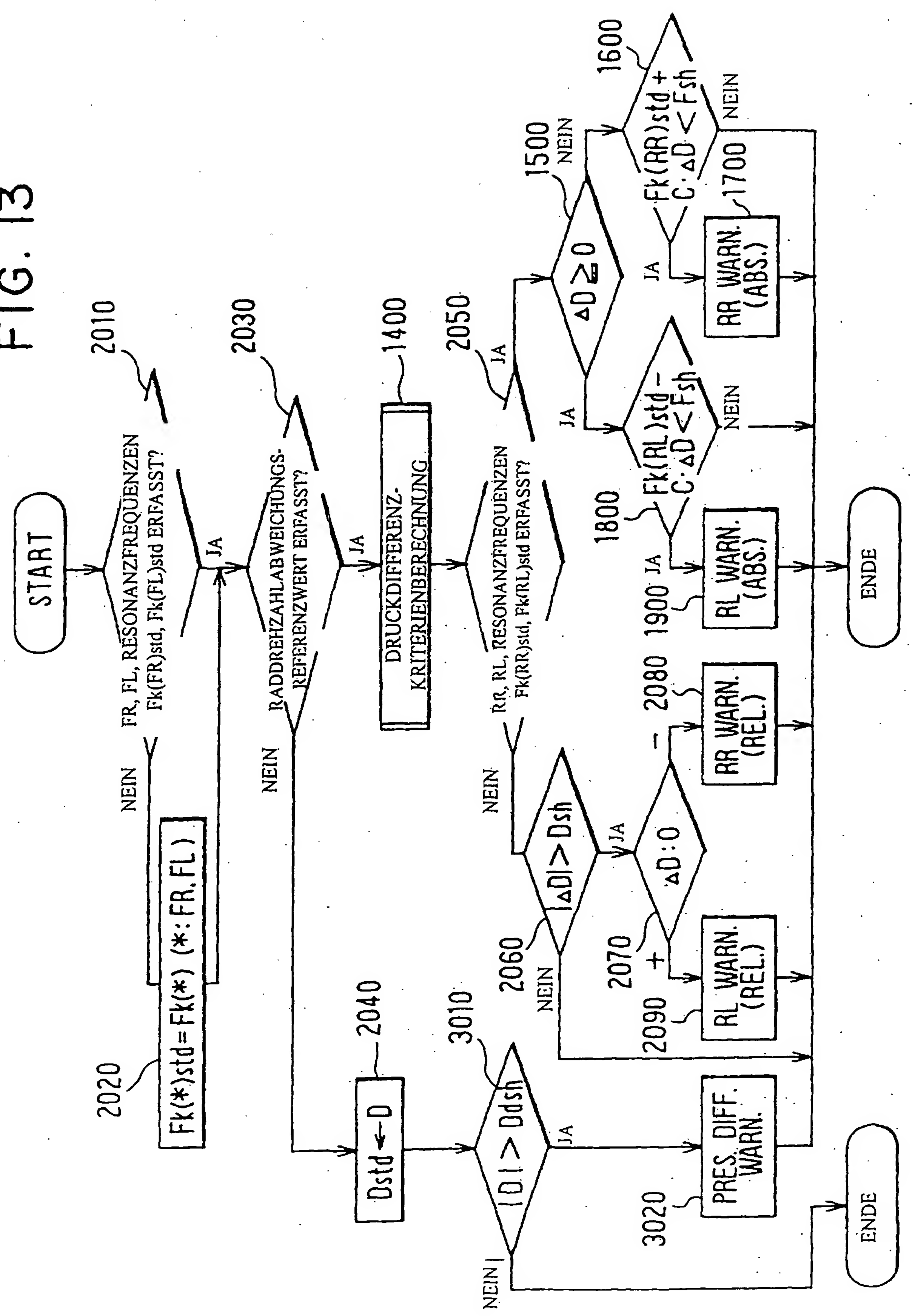




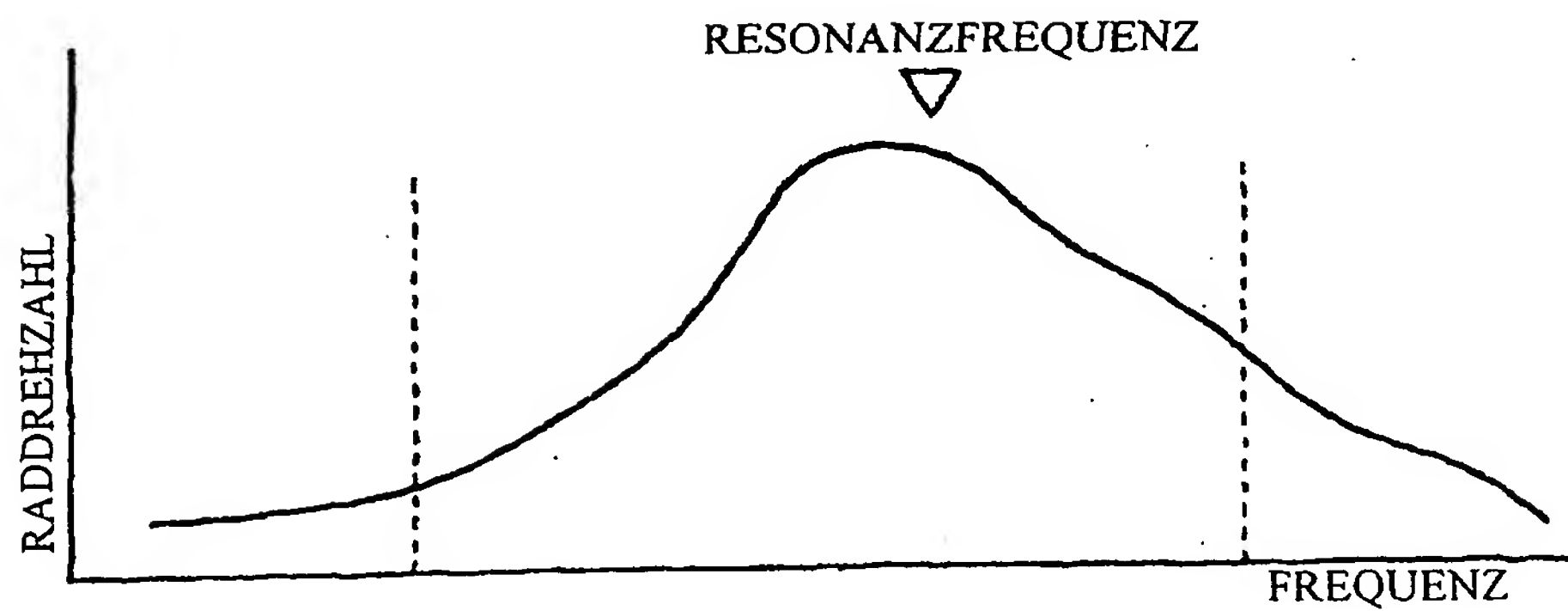
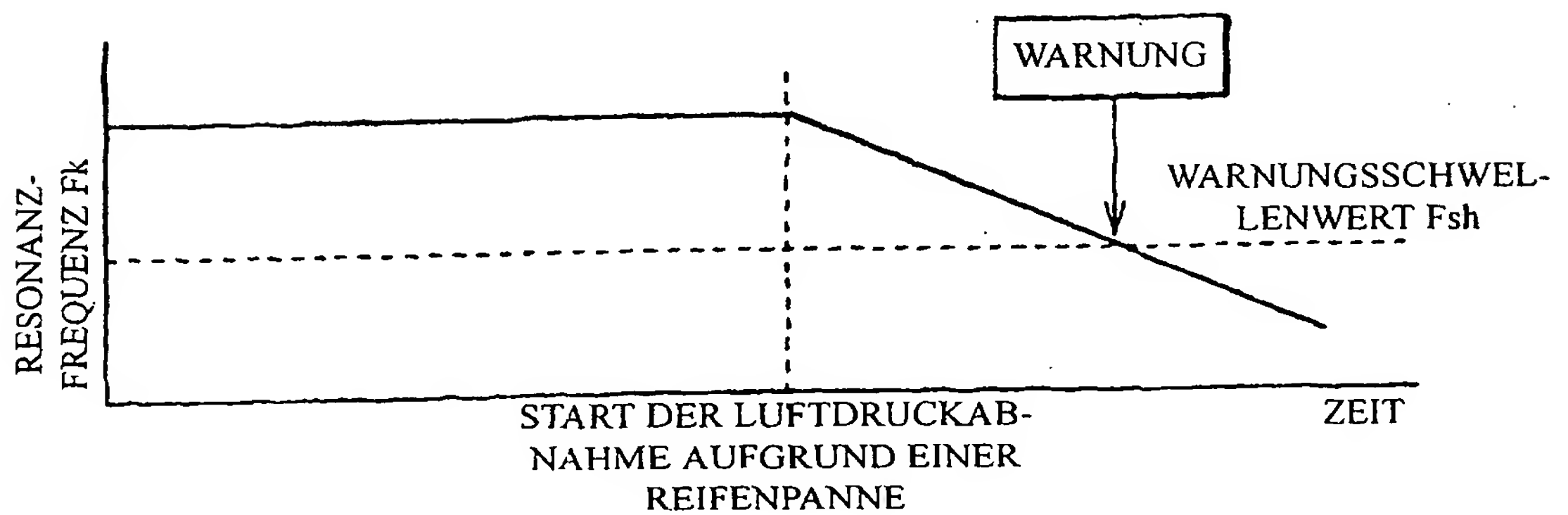
FIG. 14 STAND DER TECHNIKFIG. 15 STAND DER TECHNIK

FIG. 16

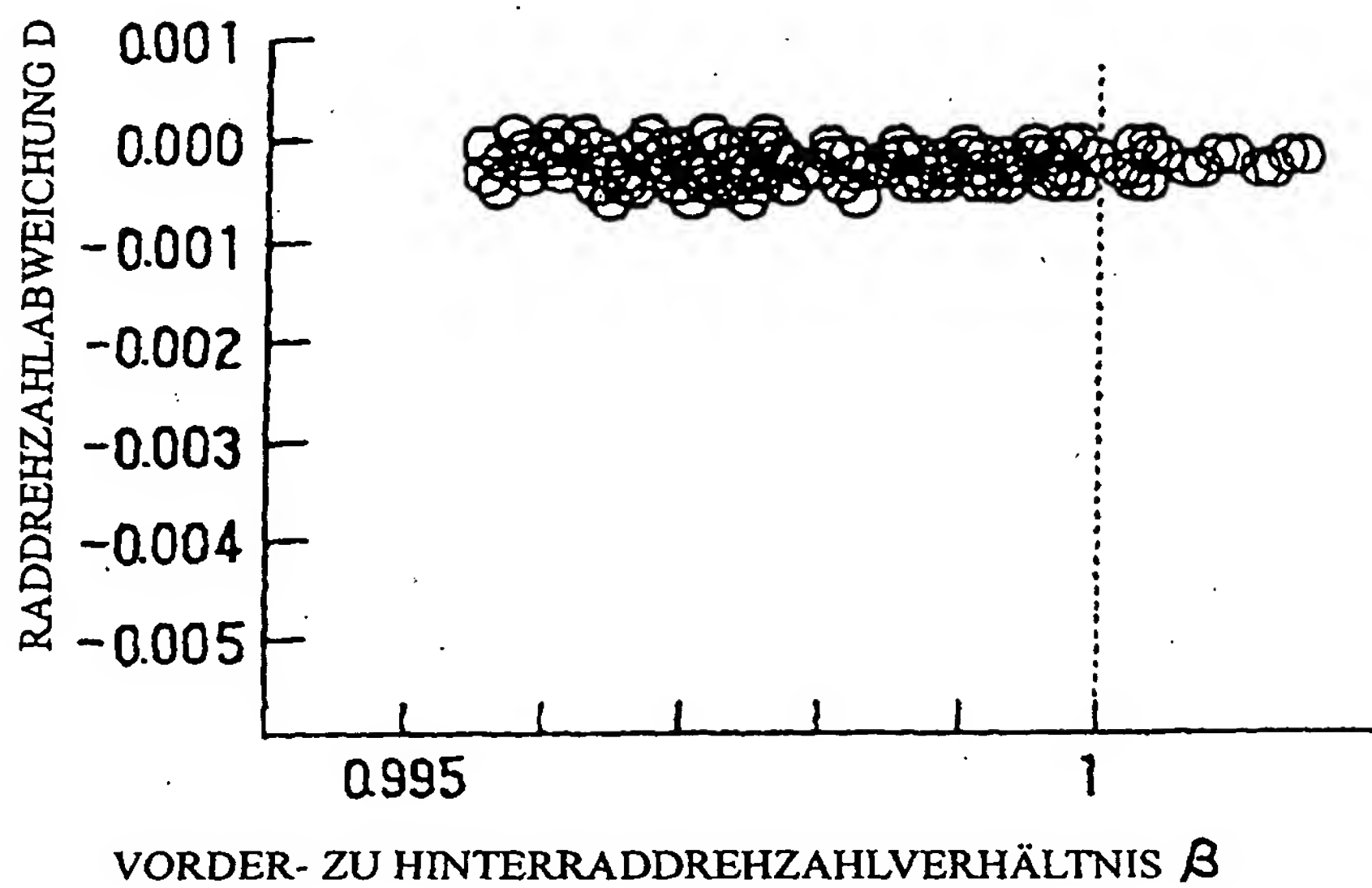


FIG. 17

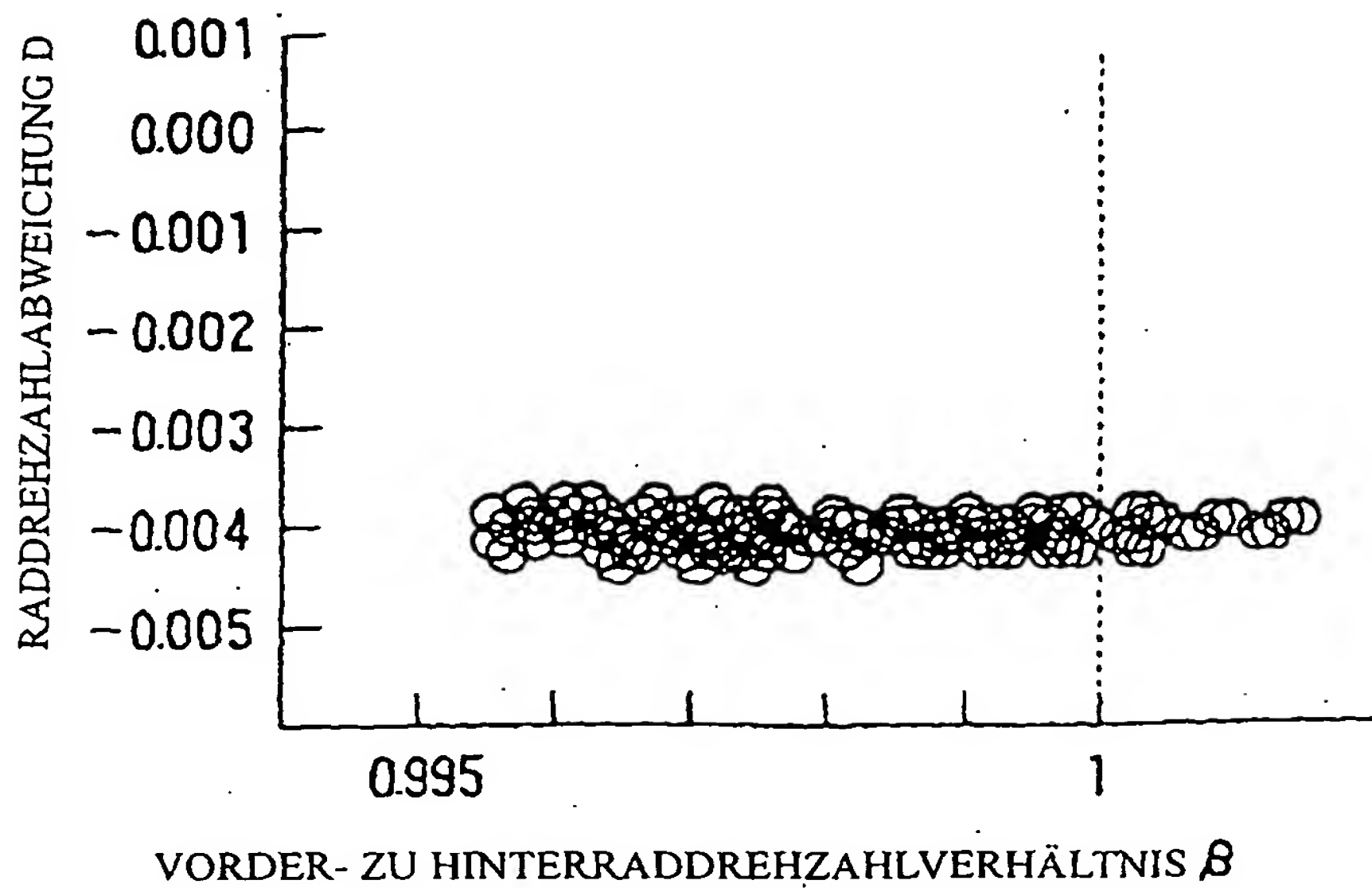


FIG. 18

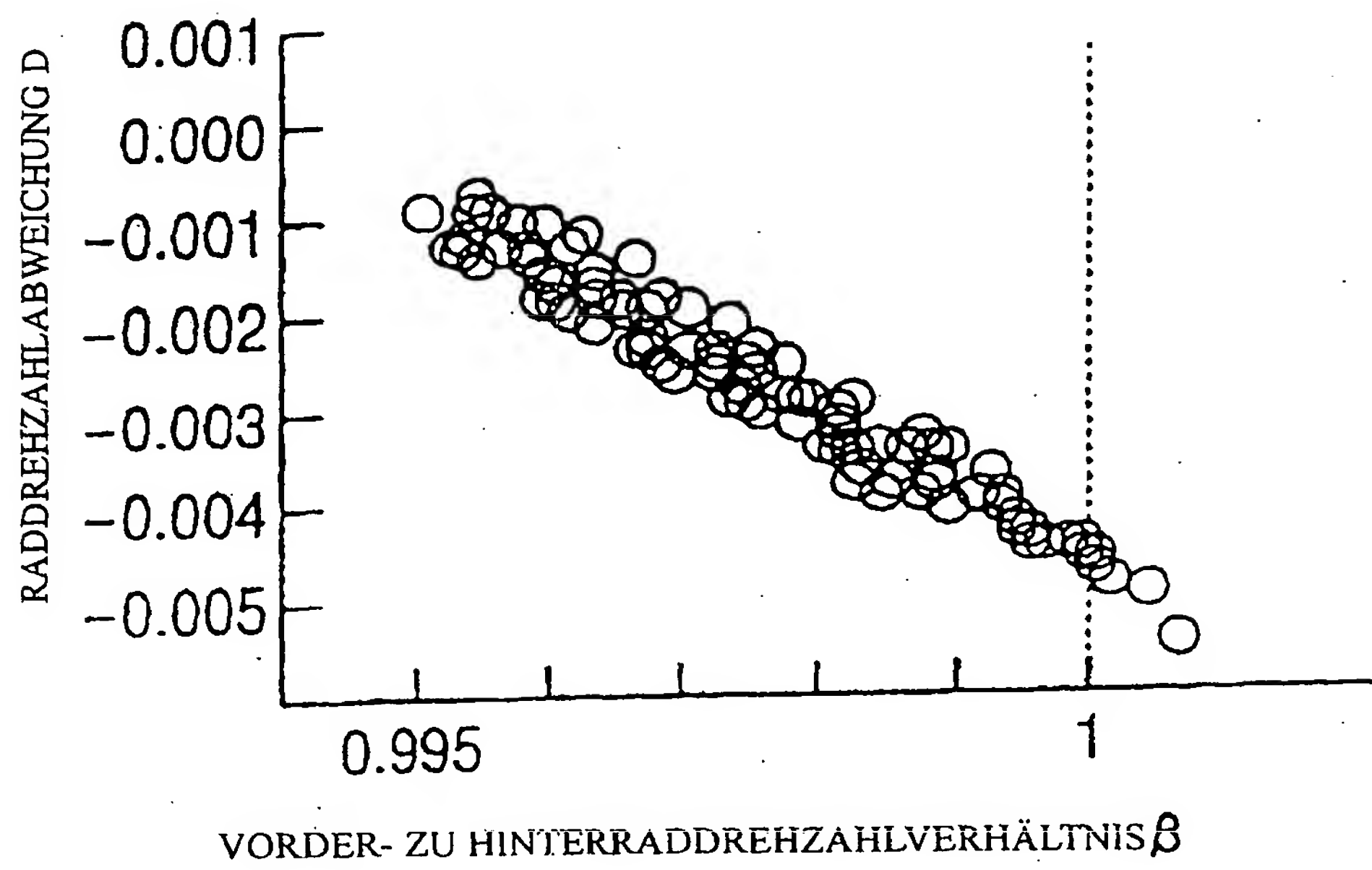


FIG. 19

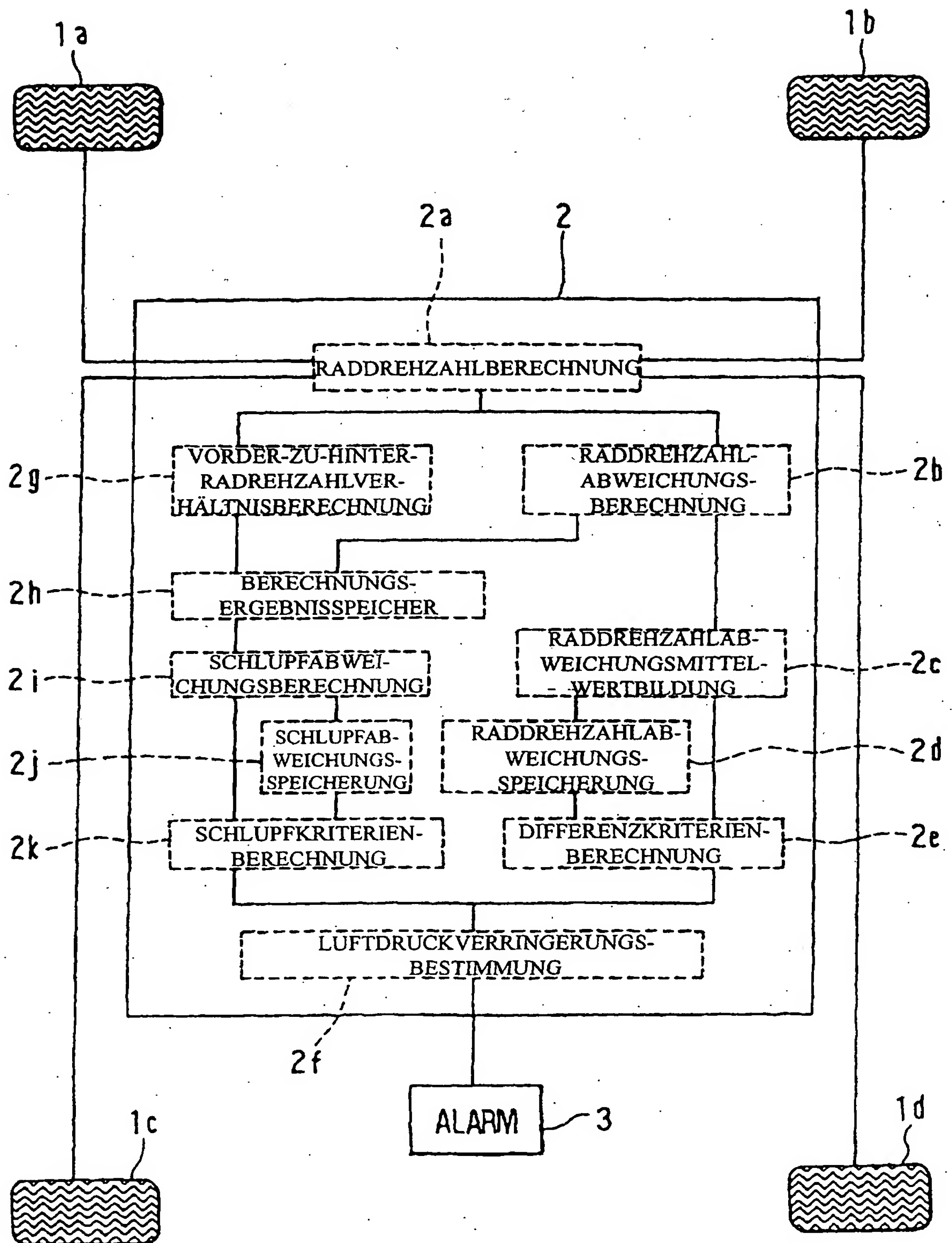


FIG. 20

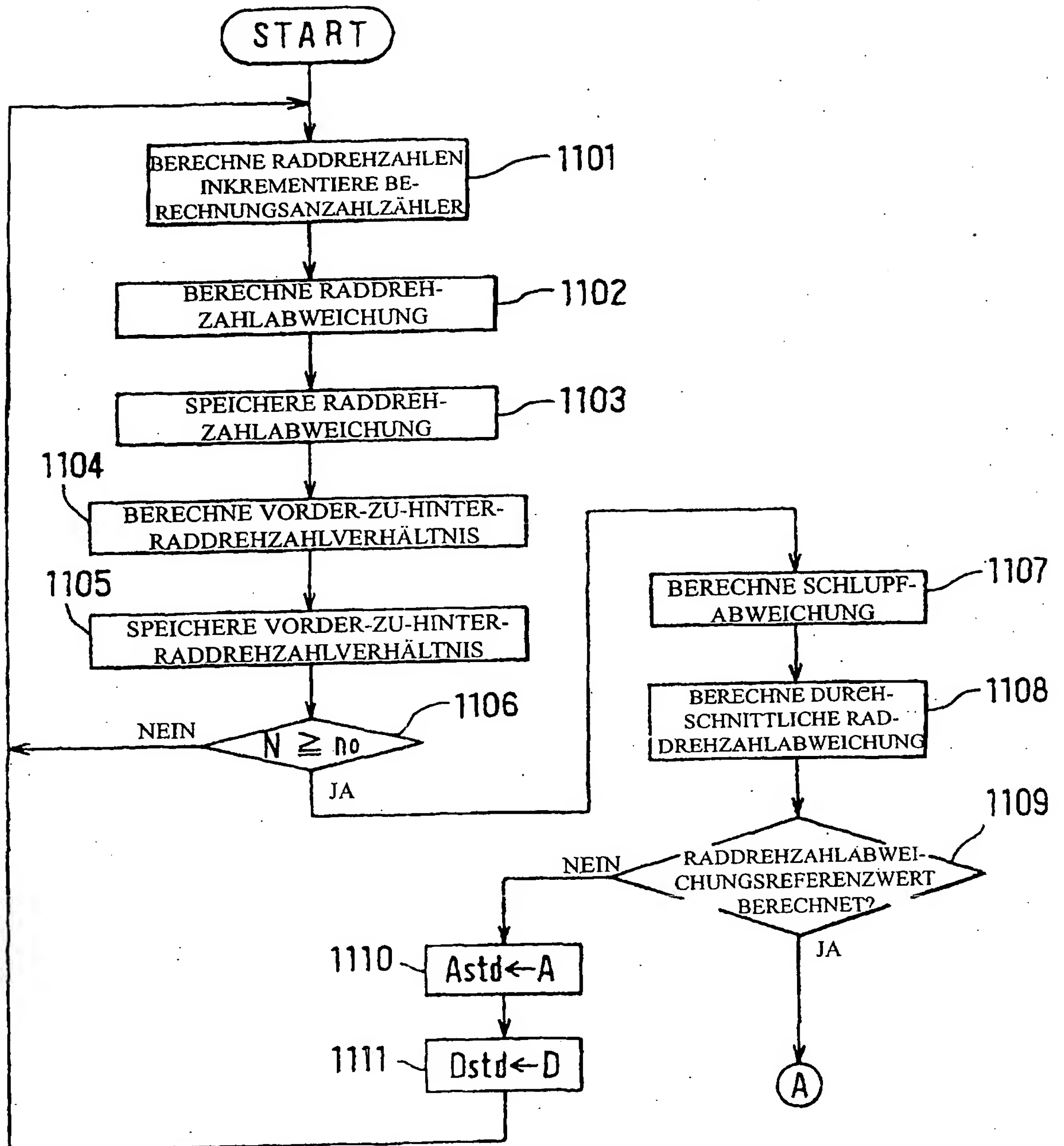


FIG. 21

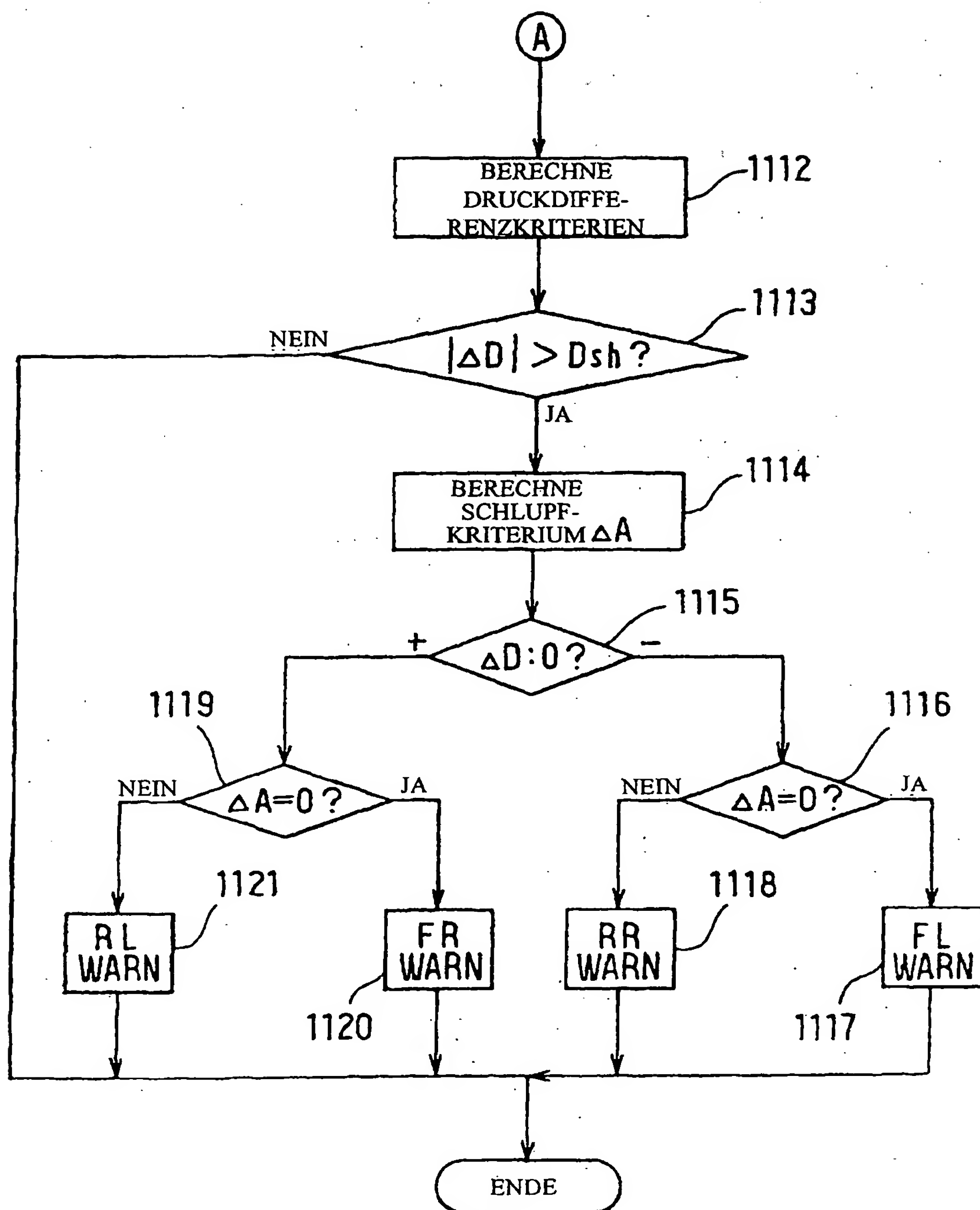




FIG. 22

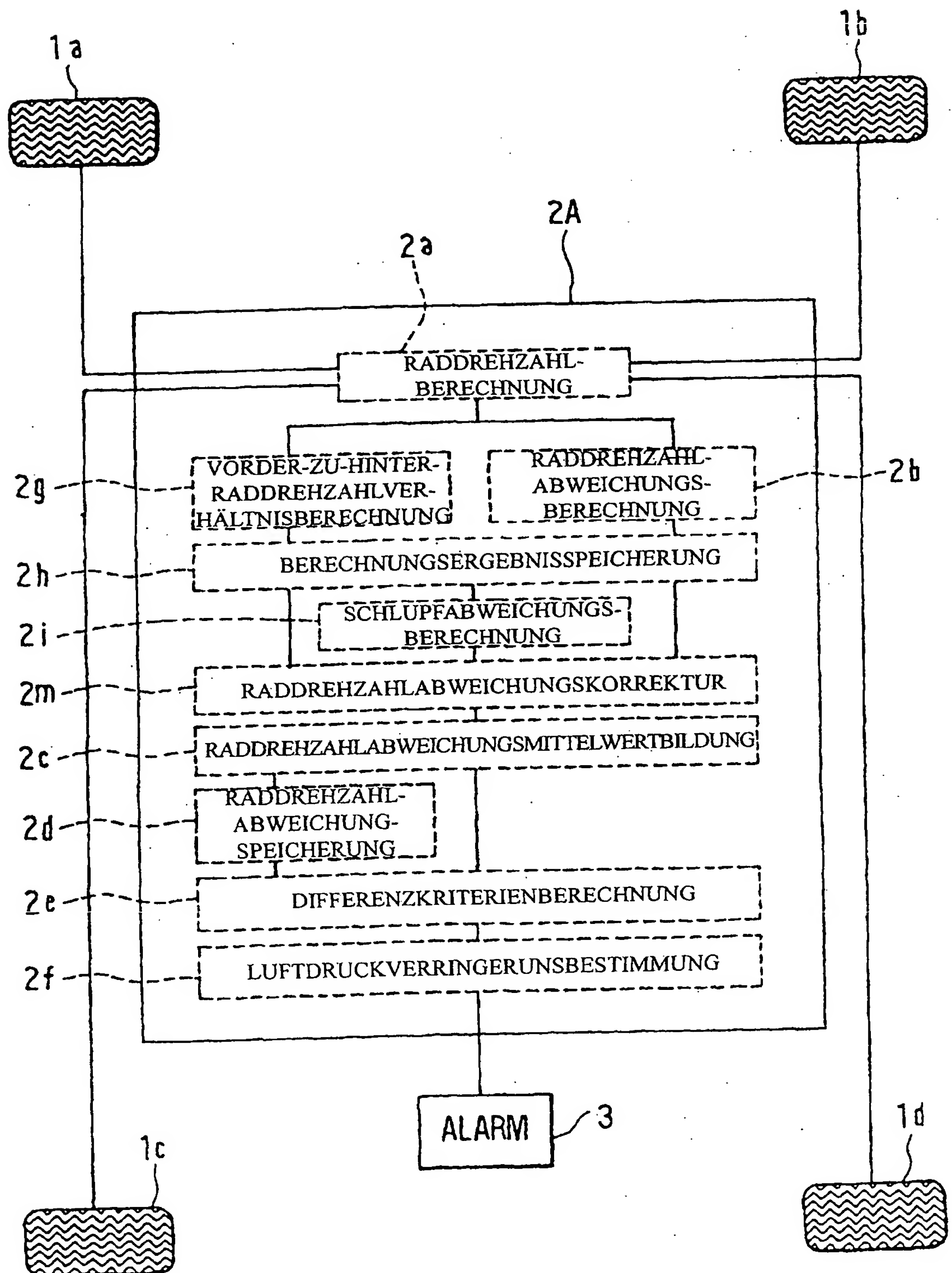


FIG. 23

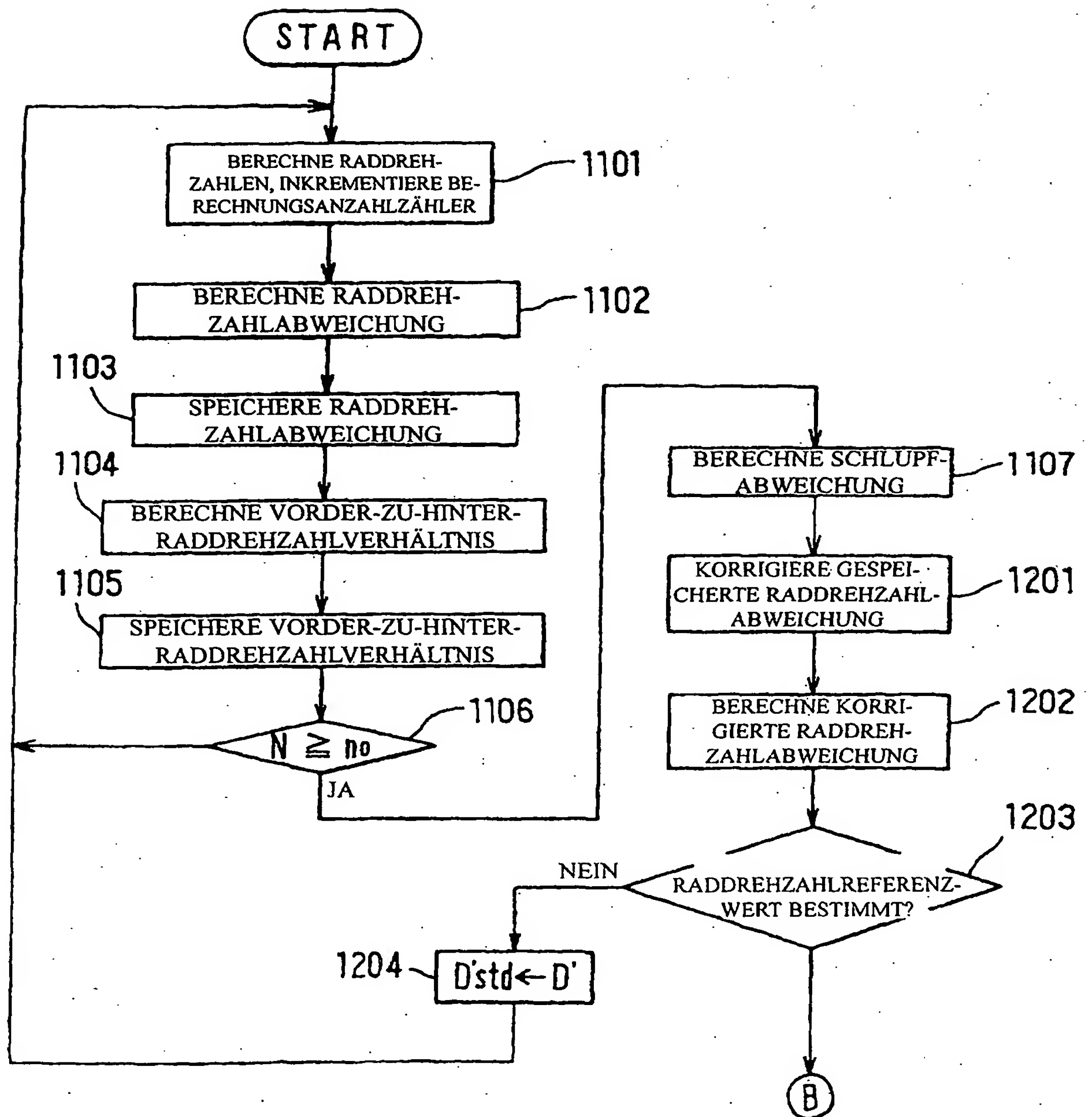


FIG. 24

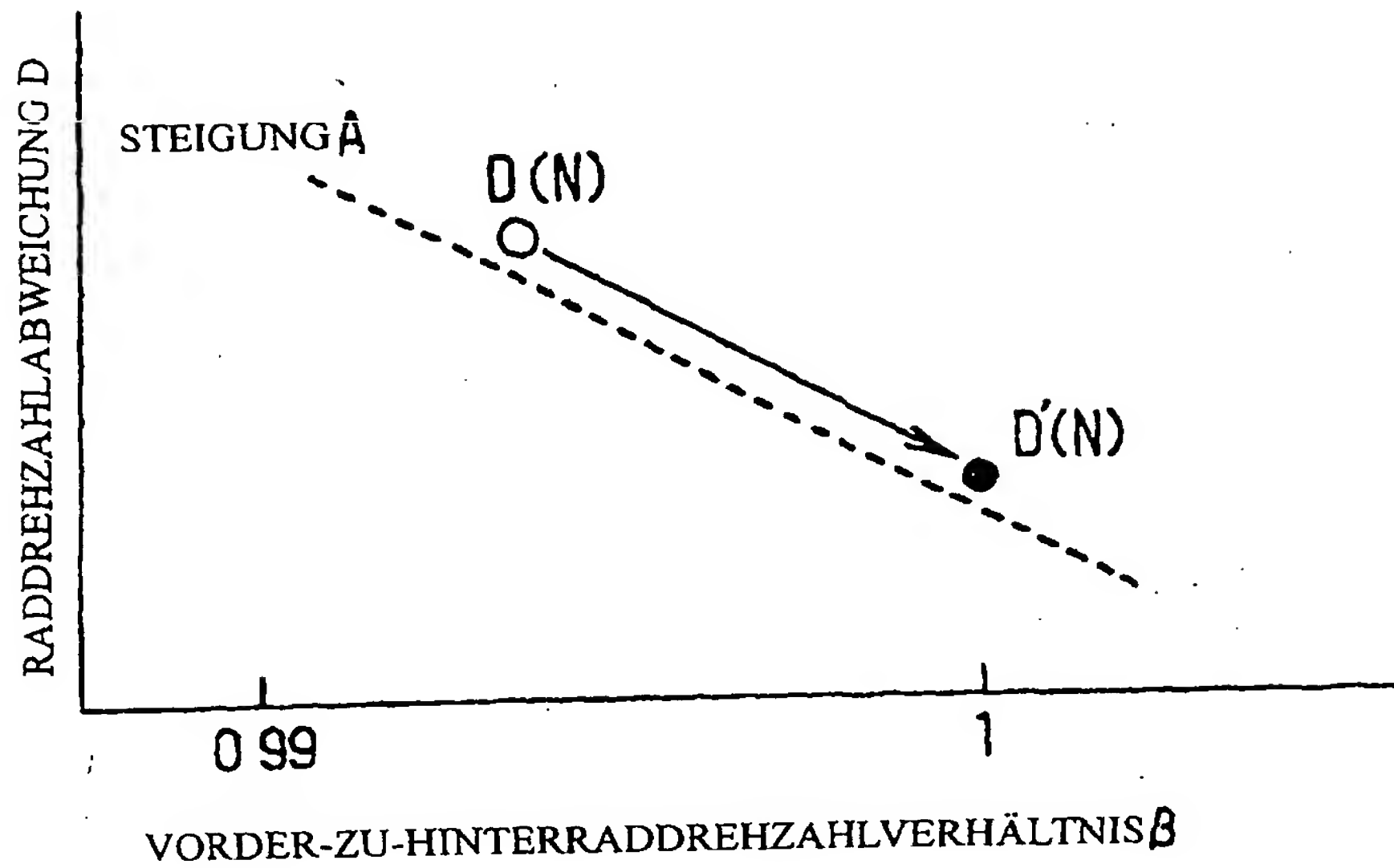


FIG. 25

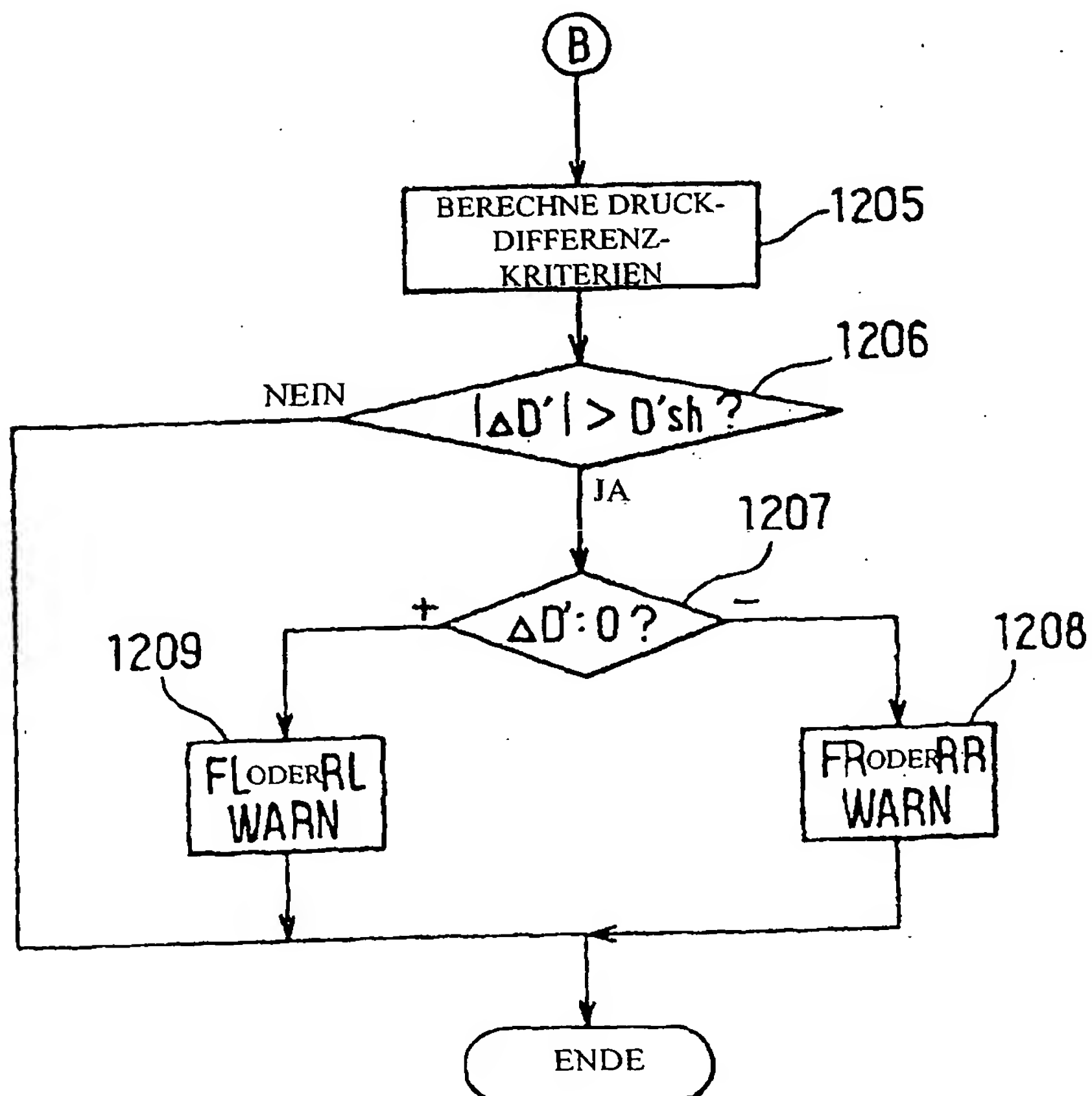


FIG. 26A

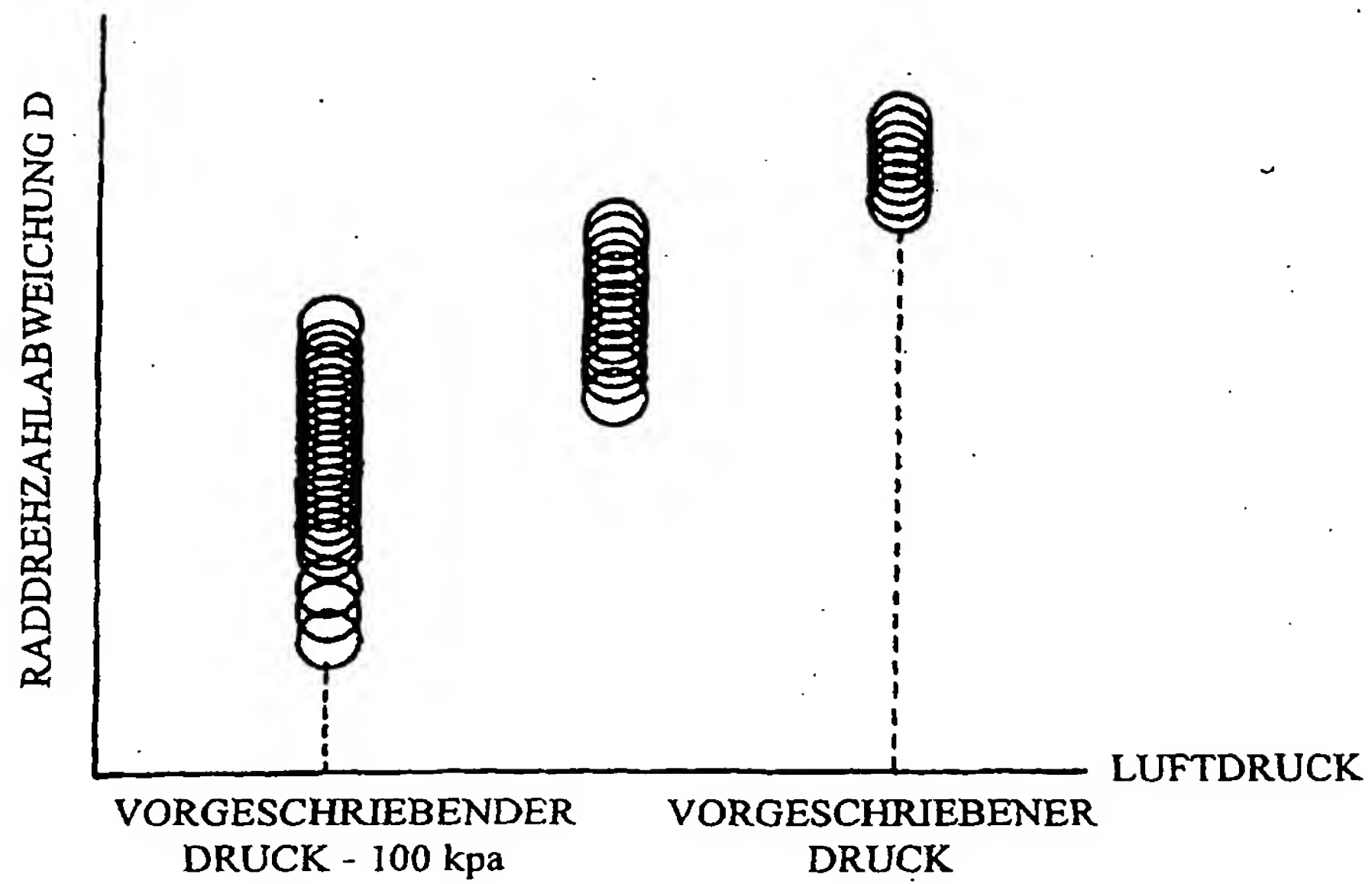
STAND DER TECHNIK

FIG. 26B

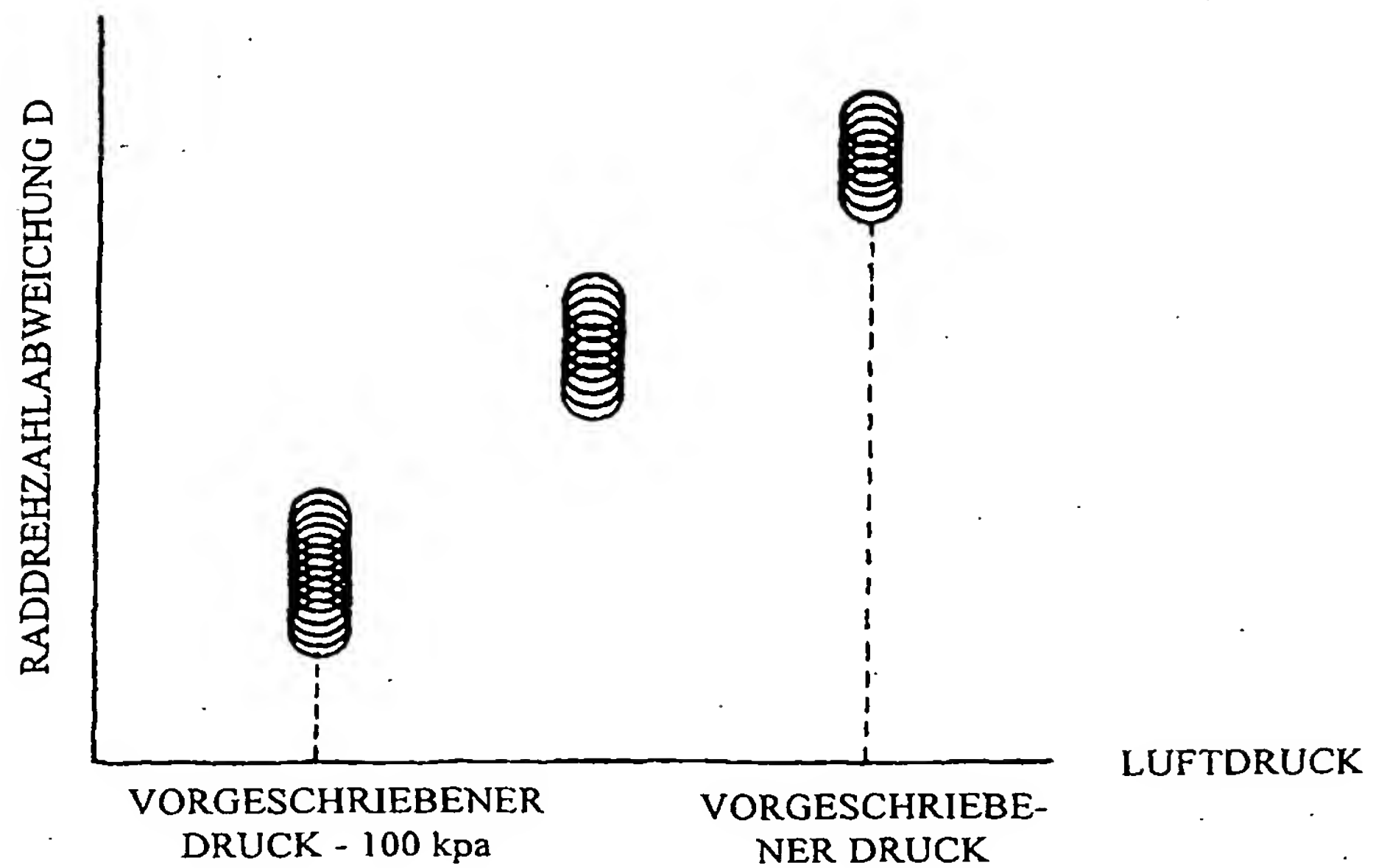


FIG. 27

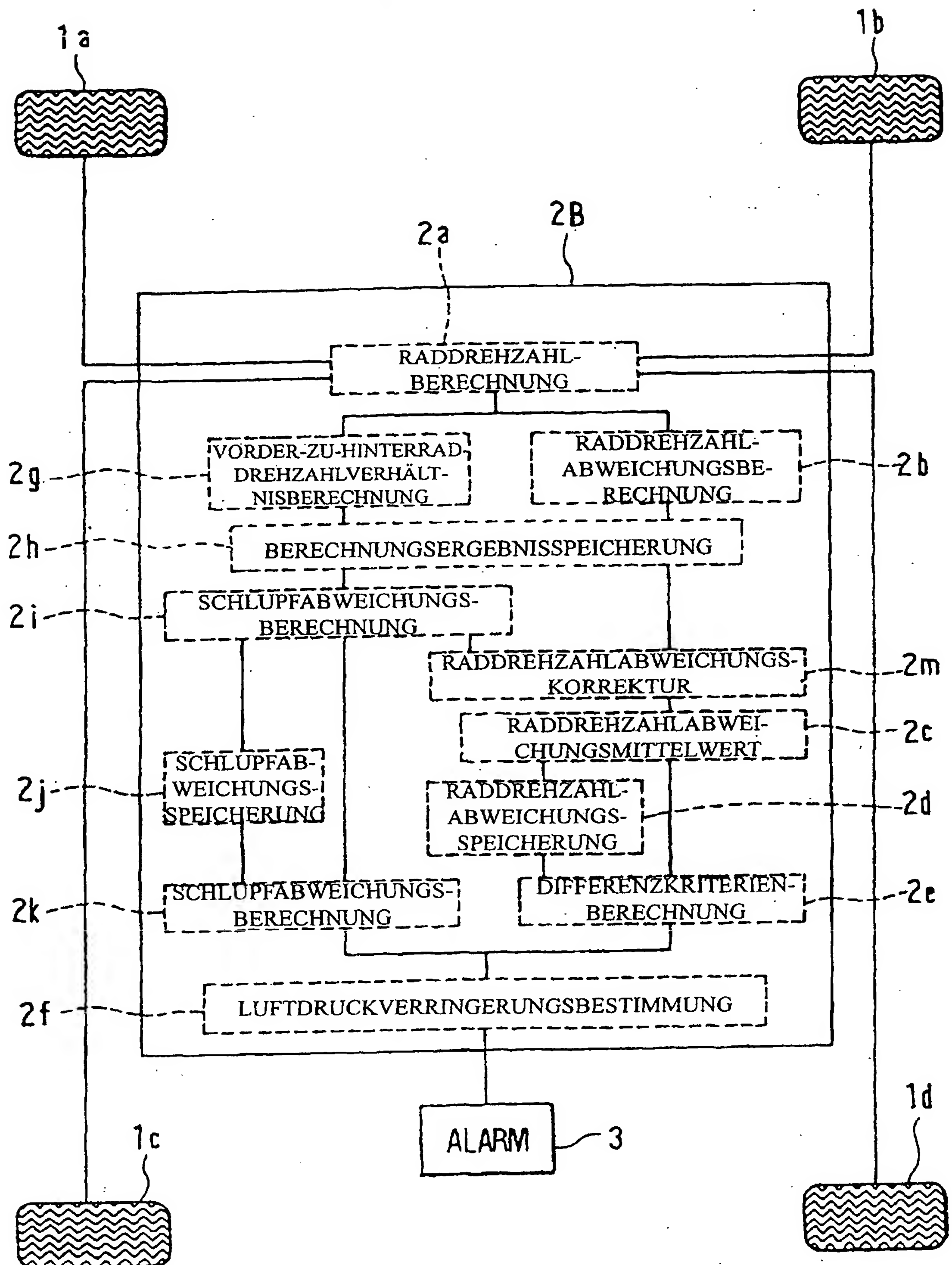


FIG. 28

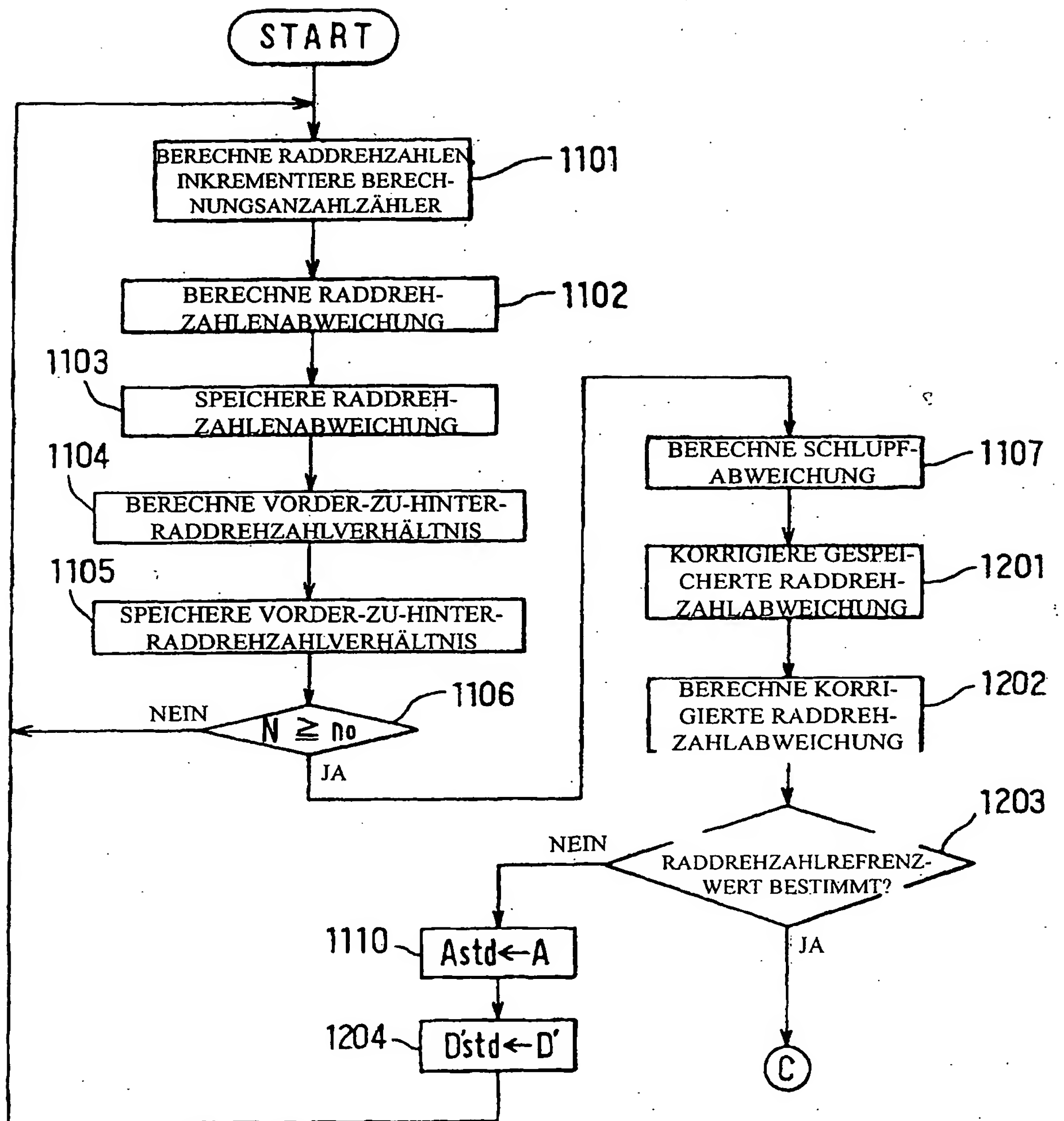




FIG. 29

